

Lage und Funktionsverhalten
von Silikonprothesen in
der Handchirurgie

Manfred Dorfmeister

Dress
München
1986

Aus der Chirurgischen Klinik der Universität München

Direktor: Prof. Schweiberer

Lage und Funktionsverhalten von Silikonprothesen in der
Handchirurgie

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin an
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Manfred Dorfmeister

aus

Bad Tölz

1985

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Wilhelm

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. Schweiberer

Dekan: Prof. Dr. med. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 28.01.1986

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

1.	EINLEITUNG	1
2.	GELENKVERÄNDERUNGEN	2
2.1	Arthrose	3
2.1.1	Primär biomechanische Ursachen	5
2.1.2	Primär biochemische Ursachen	6
2.1.3	Morphologische Veränderungen	7
2.1.4	Stadien der Arthrose	8
2.2	Arthritis	9
3.	ARTHROSEN DER HANDWURZEL UND DEREN BEHANDLUNGSMÖGLICHKEITEN	11
3.1	Handgelenksarthrose	11
3.1.1	Ätiologie	11
3.1.2	Behandlungsmöglichkeiten	12
3.2 ;	Scaphoid-Pseudarthrose	13
3.2.1	Ätiologie	13
3.2.2	Behandlungsmöglichkeiten	16
3.3	Lunatummalazie	22
3.3.1	Ätiologie	22
3.3.2	Behandlungsmöglichkeiten	24
3.4	Arthrotische Veränderungen am Trapezium	27
3.4.1	Rhizarthrose	27
3.4.2	Arthrose im Trapezium-Scaphoid-Gelenk	28
3.4.3	Behandlungsmöglichkeiten	28
4.	SILIKON - IMPLANTATE IN DER HANDCHIRURGIE	30
4.1	Allgemeine Gesichtspunkte	30
4.1.1	Chemie	30
4.1.2	Herstellung und Anwendung	31

4.1.3	Eigenschaften	32
4.1.4	Nebenwirkungen und Gewebsreaktionen	32
4.2	Spezielle Anwendungsbeispiele in der Handchirurgie	34
4.2.1	Silikon-Prothesen für das Kahnbein	34
4.2.1.1	Scaphoid-Vollprothese Anwendung, Indikation, Kontraindikation, OP-Technik	34
4.2.1.2	Scaphoid-Teilprothese Anwendung, Indikation, Kontraindikation, OP-Technik	37
4.2.2	Lunatum-Prothesen Anwendung, Indikation, Kontraindikation, OP-Technik	37
4.2.3	Silastic-Implantate am Trapezium	40
4.2.3.1	Trapezium-Silastic-Implantat nach Swanson Anwendung, Indikation, Kontraindikation, OP-Technik	40
4.2.3.2	Condylen-Implantat (Swanson)	42
4.2.3.3	Trapezium-Implantat (nach Ashworth-Blatt)	42
5.	ANATOMISCHE UND MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN DER HANDWURZEL	44
5.1	Anatomie und Mechanik	44
5.1.1	Topographische Anatomie der Handwurzel	44
5.1.2	Handwurzelgelenke	46
5.1.3	Bänder der Handwurzel	48
5.1.4	Handwurzelmechanik	49
5.2	Carpalinstabilitäten	54
5.2.1	Laterale Carpalinstabilitäten	55
5.2.2	Zentrale Carpalinstabilitäten	57
5.2.3	Mediale Carpalinstabilitäten	58
5.2.4	Proximale Carpalinstabilitäten	58
6.	VERSUCHSAUFBAU UND MESSTECHNIK	61
6.1	Versuchsaufbau	61
6.1.1	Instabilitätsserien	61
6.1.2	Aufnahmetechnik	61
6.2	Meßtechnik	64

6.2.1	Methode der Achsenzeichnung	64
6.2.2	Methode der Winkelbestimmung	68
6.2.3	Methode der Bewegungsbestimmung	68
7.	PROBANDEN UND PATIENTEN	71
8.	ERGEBNISSE DER FUNKTIONELLEN RÖNTGENAUFNAHMEN	73
8.1.	Gesunde Personen	73
8.1.1	Normalpersonen	73
8.1.1.1	Material: Probanden	73
8.1.1.2	Meßergebnisse: Winkel-Bewegung-Mittelwerte	73
8.1.1.3	Beschreibung der Ergebnisse	79
8.1.2	Volleyballsportler	90
8.1.2.1	Material: Volleyballsportler	90
8.1.2.2	Meßergebnisse: Winkel-Bewegung - Mittelwerte	90
8.1.2.3	Beschreibung der Ergebnisse	93
8.2	Prothesenträger	97
8.2.1	Scaphoid-Vollprothesen	97
8.2.1.1	Material: Patienten	97
8.2.1.2	Meßergebnisse: Winkel-Bewegung - Mittelwerte	97
8.2.1.3	Beschreibung der Ergebnisse	103
8.2.1.4	Prothesensitz	112
8.2.1.5	Carpalinstabilitäten	118
8.2.1.6	Sonstiges	121
8.2.2	Proximale Scaphoid-Teilprothesen	122
8.2.2.1	Material: Patienten	122
8.2.2.2	Meßergebnisse: Winkel-Bewegung-Mittelwerte	122
8.2.2.3	Beschreibung der Ergebnisse	127
8.2.2.4	Prothesensitz	137
8.2.2.5	Carpalinstabilitäten	141
8.2.2.6	Sonstiges	145
8.2.3	Distale Scaphoid-Teilprothesen	146
8.2.3.1	Material: Patienten	146
8.2.3.2	Meßergebnisse: Winkel-Bewegung	146

8.2.3.3	Prothesensitz	151
8.2.3.4	Carpalinstabilitäten	151
8.2.3.5	Sonstiges	154
8.2.4	Lunatum-Prothesen	155
8.2.4.1	Material: Patienten	155
8.2.4.2	Meßergebnisse: Winkel-Bewegung	155
8.2.4.3	Prothesensitz	157
8.2.4.4	Carpalinstabilitäten	159
8.2.4.5	Sonstiges	161
8.2.5	Trapezium-Prothesen	162
8.2.5.1	Material: Patienten	162
8.2.5.2	Meßergebnisse: Winkel-Bewegung	162
8.2.5.3	Prothesensitz	165
8.2.5.4	Carpalinstabilitäten	165
8.2.5.5	Sonstiges	166
9.	DISKUSSION	167
9.1	Diskussion der einzelnen Probanden- und Patienten- gruppen	167
9.1.1	Gesunde Normalpersonen	167
9.1.2	Volleyballsportler	178
9.1.3	Scaphoid-Vollprothesen	180
9.1.4	Proximale Scaphoid-Teilprothesen	191
9.1.5	Distale Scaphoid-Teilprothesen	195
9.1.6	Lunatum-Prothesen	204
9.1.7	Trapezium-Prothesen	208
9.2	Zusammenfassende Diskussion aller untersuchten Prothesen	210
9.2.1	Winkel - Bewegung - Dislokationen - Carpalinstabili- täten	210
9.2.2	Versuch einer umfassenden Wertung des prothetischen Ersatzes	217
10.	ZUSAMMENFASSUNG: KORRELATION VON KLINISCHER UND RADIOLOGISCHER AUSWERTUNG	224

10.1	Funktionseinschränkung	224
10.2	Klinische Beschwerden - Röntgenologisch sichtbare Dislokation	227
10.3	Diskussion des Vergleichs von klinischen und radio- logischen Ergebnissen	229
Abkürzungen		231
Literaturverzeichnis		232

1. Einleitung

Seit 1979 werden in der Handchirurgie der Universität München Silikonprothesen implantiert.

Ziel dieser Studie ist es, mit Hilfe von Instabilitätsserien die Lage von Silikonprothesen der Handwurzel zu beurteilen und das Bewegungsmuster quantitativ zu erfassen.

Im Mittelpunkt der Untersuchung stehen Scaphoid-Teilprothesen, Scaphoid-Vollprothesen, Lunatum-Prothesen und Trapezium-Prothesen.

Zunächst wird die Ätiologie arthrotischer Veränderungen von verschiedenen Karpalknochen, insbesondere Scaphoid-Pseudarthrose, Lunatummalazie und Rhizarthrose beschrieben. Gleichzeitig werden die bisher gängigen Behandlungsmethoden aufgeführt, die einerseits eine drohende Arthrose verhindern, andererseits eine manifeste beseitigen oder lindern sollen.

Ein neues Therapiekonzept liegt in der Verwendung von Silastic-Prothesen, die seit 1979 in der Handchirurgie der Universität München verwendet werden. Neben allgemeinen Gesichtspunkten steht die Besprechung von Scaphoid-Teil- und -Vollprothesen, Lunatum-Prothesen und Trapezium-Prothesen im Mittelpunkt, die in dieser Arbeit speziell untersucht werden. Insbesondere kamen Indikation, Kontraindikation, OP-Technik und Nachbehandlung zur Sprache.

Anschließend erfolgt ein kurzer Ausflug in die Anatomie und Mechanik der Handwurzel, sowie die Klassifikation von Carpalinstabilitäten, um die spätere Auswertung und Diskussion besser verstehen zu können.

Nach einer ausführlichen Beschreibung des Versuchsaufbaus und der Auswertungstechnik erfolgt die eigentliche Auswertung. Dabei werden Winkel und Bewegungen gemessen, sowie die Lage und das Verhalten der Prothesen beurteilt und mit Normalpersonen bzw. Volleyballern verglichen, um eine Abweichung von der Norm verifizieren zu können. In der abschließenden Diskussion werden zunächst die einzelnen Patientengruppen mit den Normalpersonen und letztlich alle Prothesengruppen untereinander verglichen und diskutiert. Diese radiologisch angelegte und ausgewertete Untersuchung wird am Ende noch einer im selben Zeitraum über dieselbe Patientengruppe erarbeiteten klinischen Studie gegenübergestellt. Dabei werden die einzelnen Ergebnisse und Vergleiche nur knapp angerissen, da ansonsten der Rahmen dieser Arbeit gesprengt würde.

2. Gelenkveränderungen

Zum besseren Verständnis von gelenkdegenerativen und -entzündlichen Veränderungen empfiehlt es sich, ein paar Worte zur Anatomie und Physiologie der Gelenke vor auszuschicken:

Miteinander artikulierende Knochenteile sind an deren Enden mit Gelenkknorpel überzogen, bei großen Formunterschieden sind Knorpelscheiben dazwischengefügt. Das Gelenk wird von einer Kapsel überzogen.

Unter einem oberflächlichen Kollagenfaserfilz (lamina splendens) liegen die Knorpelzellen eingebettet in tangential angeordnete Kollagenfasern (28). Dazwischen finden sich Proteoglykane. Die "arkadenartige" Anordnung der Fasern und die Wasserbindungsfähigkeit der Proteoglykane ist für die Elastizität des Knorpels verantwortlich (6, 16). Die Regenerationsfähigkeit der Knorpelzellen erlischt mit Abschluß des Wachstums. Lediglich Ersatz mit minderwertigem Ersatz ist möglich.

Die Innenfläche der Gelenkkapsel bildet das stratum synoviale, die Gelenkmembran. Sie enthält reichlich Nerven, reicht mit ihren Zotten und Fettpolstern in den Gelenkinnenraum und füllt tote Räume aus (6). Zudem zeichnet sie verantwortlich für die Ernährung des Gelenkknorpels sowie für die Produktion von Gelenkschmiere (6, 16, 28). Gelenkkapsel, Synovialflüssigkeit und Gelenkknorpel stehen so in enger Wechselbeziehung und heißen auch synoviales System. Krankhafte Erscheinungen an einem Teil können deshalb zu Veränderungen in anderen Gelenkteilen führen.

2.1 ARTHROSE

Die Arthrosis deformans (Arthropathia deformans) ist eine überwiegend degenerative Erkrankung, die nur die Gelenke befällt. Sie ist gekennzeichnet durch Knorpeldefekt, -verlust, -umbau und sekundären Knochenveränderungen (28). Man kann die Arthrose als einen stark accelerierten natürlichen Alterungsprozeß des Gelenkknorpels betrachten.

Im Gegensatz zur chronischen Polyarthrititis ist die Arthrose keine Systemerkrankung, sondern befällt nur die Gelenke, kann sozusagen als gelenkinterne Erkrankung aufgefaßt werden. Anders als die Arthritis liegt der Arthrose eine primäre Degeneration des Gelenkknorpels zugrunde. Im Verlauf der Erkrankung kann eine zusätzliche akute Synovitis hinzutreten, die Schmerz hervorruft, und mit Schwellung und Ergußbildung einhergehen kann.

Bei der Arthrose unterscheidet man eine primäre und sekundäre Form (28).

Bei der primären Arthrose ist die Ätiologie weitgehend ungeklärt und wird von wenig bekannten Faktoren determiniert. So tritt die primäre idiopathische Polyarthrose an allen Gelenken der Finger auf und ist durch Randosteophyten (Heberdensche Knoten) an den distalen interphalangealen Gelenken gekennzeichnet.

Bei den sekundären Arthrosen sind eine Reihe von Faktoren bekannt, die zu einer Über- oder Fehlbelastung des Gelenkknorpels beitragen und so zu den charakteristischen Gelenkdestruktionen führen.

Folgende Faktoren sind bei der Ätiologie der Arthrose zu berücksichtigen (72):

1. Überlastung und Fehlbelastung
 - Übergewicht
 - angeborene und erworbene Gelenk- und Achsenfehlstellungen
 - neurologisches Defizit: Lähmungen, Ausfall der Tiefensensibilität
 - Gelenkdysplasien
 - Subluxationen, Instabilitäten
 - berufliche und sportliche Extremlastungen
2. Akute und chronische Traumen
 - Frakturen, Meniskusklesionen, habituelle Luxationen, Gelenkblutung, Mikrotraumen bei neuropathischen Arthropathien

3. Entzündliche Gelenkprozeße
 - infektiös
 - rheumatisch, u.a.
4. Stoffwechselerkrankungen
 - Gicht
 - Chondrocalzinose
 - Ochronose
 - Diabetes mellitus
 - Hämochromatose
 - Hämophilie
5. Hormonelle Störung
 - Insuffizienz von Schilddrüse, Gonaden, Hypophyse
6. Altersbedingt
 - degenerative Gewebsveränderungen durch Zellalterung
 - hypoxämische Gewebsschädigung infolge Durchblutungsstörungen der Gelenkscapsel und des Knochenmarkes
7. Genetisch bedingt
 - individuelle Bindegewebsqualität
8. Ruhigstellung (Immobilisation)
9. Verminderte Bildung oder Minderwertigkeit der Synovialflüssigkeit
10. Erworbene Formstörung der knöchernen Gelenkanteile
 - aseptische Nekrosen
 - Osteochondrosis dissecans
 - Morbus Paget, u.a.

Tab.: 2.1.1 Ätiologie der Arthrose (nach W. Müller in: programmed^R (72)).

Jeder dieser Faktoren nimmt gewissermaßen eine Starterfunktion in der Genese hin zur Arthrosis deformans ein. Letztlich münden aber all diese Ursachen in zwei ätiologisch interessante und wichtige Aspekte:

- Primär biomechanische Ursachen (mechanische Schädigung des Gelenkknorpels)
- Primär biochemische Ursachen (Stoffwechselstörung des Gelenkknorpels)

2.1.1 Primär biomechanische Ursachen

Die folgenden Beispiele für die mechanische Schädigung des Gelenkknorpels sind unter dem Aspekt zu betrachten, daß der Gelenkknorpel keine Möglichkeit zur vollständigen Regeneration besitzt. Jeder Versuch in diese Richtung endet in einer frustrierten Regeneration in Form qualitativ minderwertigem Materials (6, 18, 28). Bei intraartikulären Läsionen handelt es sich um Traumen, welche die Gelenkflächen zunächst unmittelbar betreffen. Zerreißen, Quetschungen, Stufenbildungen bergen die Gefahr ausgedehnter Knorpelschädigungen. Luxationen und Distorsionen führen typischerweise zu ausgedehnten Ablederungen der Knorpeloberfläche. Neben der akuten Zerstörung des Knorpels können schlecht rekonstruierte intraartikuläre Verletzungen fortschreitend den Knorpel angreifen, wenn posttraumatisch Inkongruenzen im Gelenk fortbestehen, geringste Stufenbildung führt eine Art von Mahlbewegung aus, die unaufhaltsam in eine Destruktion der Gelenkfläche mündet. Extraartikuläre Verletzungen können in der Folge zu statischen und dynamischen Fehlbeanspruchungen eines Gelenkes führen. Eine in Fehlstellung verheilte Fraktur übt auf die angrenzenden Gelenke unphysiologische Spannungen und überhöhte Drucke aus, so daß Zerreißen der Kollagenfasern der Gelenkfläche und Nekrosen von Knorpelzellen die Folge sind. In ähnlicher Weise wirken Bandinstabilitäten, wodurch Gelenkflächen nicht mehr in physiologischer Weise zentriert werden können.

Durch die eben beschriebenen Möglichkeiten werden Knorpelzellen durch Druck oder Scherbewegungen zerstört. Damit verringert sich einerseits die Grundsubstanzsyntheseleistung, andererseits setzen die nekrotischen Zellen Lysosomen frei, welche die Proteoglykan-Matrix verdauen. Damit erleidet die Elastizität des Knorpels eine Einbuße, wodurch der destruierende Prozeß fortschreitet.

Neben den Fehl- und Überbeanspruchungen kann jedoch auch die Aufhebung jeglicher Mechanik, wie bei Immobilisationen die Weichen in Richtung Arthrose stellen. Durch die aufgehobene Wechseldruckbelastung, welche allein eine optimale Durchflutung des Gelenkinnenraumes und damit Ernährung der Knorpelsubstanz garantiert, kommt es zu einer dystrophischen Versorgung und damit Absterben der Knorpelzellen.

Daneben führt eine Immobilisation zu einer Einschränkung der Kapseldurchblutung und damit verknüpft ein vermindertes Nährstoff- und Sauerstoffangebot an den Knorpel. Außerdem entspricht einer Verringerung der Hyaluronsäureproduktion eine Einschränkung der Gelenkflüssigkeit, was weiter die Arthrose acceleriert. Die letzte Ausführung macht deutlich, wie eng biomechanische Beanspruchung und biochemische Notwendigkeiten miteinander verknüpft sind (18, 33).

2.1.2 Primär biochemische Ursachen

Nach Wachstumsabschluß geschieht die Ernährung des Knorpels ausschließlich vom Gelenkinnenraum und damit über die Gelenkkapsel. Für eine ausreichende Versorgung des Gelenkknorpels ist eine gut durchblutete intakte Gelenkkapsel notwendig sowie eine Wechseldruckbelastung des Gelenkes (18), die eine optimale Durchflutung des gesamten Gelenkinnenraumes gewährleistet. Die Gelenkkapsel produziert Nährstoffe und gibt als Gelenkschmiere Hyaluronsäure ab.

Es gibt bei der biochemischen Zerstörung des Knorpels somit drei Angriffspunkte:

1. eine Störung der Kapselfunktion
2. eine veränderte Gelenkflüssigkeitszusammensetzung
3. eine veränderte Permeabilität der oberflächlichen Gelenkknorpelschicht

ad 1: Eine Einschränkung der Kapselfunktion findet man bei Immobilisation eines Gelenkes, bei intraartikulärer Ergußbildung, bei Kapsel- und Bandverletzungen und bei gefäßarthrotischen Veränderungen im Sinne einer Kapselmangeldurchblutung. Folge ist eine Einschränkung des Substrataustausches mit dem Gelenkinnenraum. Ein weniger an Sauerstoff und Nährstoffen sowie an Hyaluronsäure führt zu einer Veränderung der Gelenkflüssigkeitszusammensetzung. Eine entzündliche Veränderung der Kapselinnenhaut im Sinne von Arthritiden bewirkt eine vermehrte Leukozyteninfiltration in den Gelenkinnenraum und eine vermehrte Enzymaktivität in der Gelenkflüssigkeit.

ad 2: Durch das verminderte Nährstoffangebot, v.a. Glucose, schränken die Chondrocyten ihre anaerobe Glykose ein, damit verbunden eine verminderte Produktion von Chondroitinsulfat. Es entsteht weniger Laktat, die Synovia produziert weniger Hyaluronsäure, was die Schmierfunktion verändert. Entzündungen und blutige Gelenkergüsse führen zu einem erhöhten Enzymgehalt in der Gelenkflüssigkeit.

ab 3: Hormonelle und Stoffwechselerkrankungen führen zu einer veränderten Belastbarkeit des Gelenkknorpels oder zu Ablagerungen im Knorpel wie Gicht, Chondrokalkinose u.a. . Beides setzt einmal die Permeabilität und damit die Versorgungssituation des Knorpels, zum anderen die Elastizität des Knorpels herab (17, 18, 28, 33).

Nährstoffdefizit und Permeabilitätsstörung führen indirekt über Knorpelzellnekrose zur Freisetzung lysosomaler Enzyme, die ihrerseits die Proteoglykanmatrix zerstören. Bei Hämarthros und Entzündung erscheinen in der Gelenkflüssigkeit Enzyme, die die Kollagenfasern und Knorpelzellen andauen. Diese setzen anschließend wieder Enzyme frei. Veränderungen des Schmierfilms gibt die Gelenkfläche frei für mechanische Alterationen. Über die Chondrozytennekrose, die Kollagen-

faserzerstörung und damit Elastizitätsverlust und die Aufhebung des Schmierfilms gelingt der Brückenschlag zur mechanischen Alteration: Die Knorpeloberfläche wird durch die oben beschriebenen Mechanismen trocken, rau und höckrig. Mechanische Belastung führt jetzt zu unphysiologischen Druck-, Scher- und Reibungskräften. Es resultieren Knorpelzellnekrosen mit Enzymfreisetzung. Damit ergibt sich ein circulus vitiosus, der Einstieg ist entweder mechanischer oder biochemischer Ursache, im weiteren Verlauf geht beides ineinander über (17, 18, 28, 33).

2.1.3 Morphologische Veränderungen

Histologisch finden sich erste Veränderungen am Knorpel nahe der Oberfläche mit Änderungen der Grundsubstanz (Proteoglykanmatrix) (28). Verlust der Proteoglykanschicht führt zu einer Demaskierung des kollagenen Knorpelgerüsts (33). Der Knorpel wird weich und rau, jede Gelenkbewegung erzeugt durch Reibung Einrisse und Faserabhebungen (17). Es kommt fortschreitend zu einer asbestartigen Degeneration (28), zu Knorpelerosionen mit Knorpeldetritus. Diese Partikel wirken wie Fremdkörper und verstärken geröllartig die mechanische Erosion des Knorpels. Am Rande der Zerstörung entstehen sogenannte atypische Chondrome (28), Knorpelzellwucherungen als frustrane Kompensationsversuche der Zerstörung. Die Mazeration, begünstigt durch Knorpelreste und Chondronzytennekrosen, schreitet fort, bis der gesamte Knorpel der Zerstörung zum Opfer gefallen ist. Der Knochen reagiert mit einer Knochenneubildung "Eburnisierung" (28), die besonders am Rand an der Knorpel-Knochen-Grenze auffällig ist. Es sind Randosteophyten, die dazu dienen, die durch den Verlust des Knorpels bedingte veränderte Belastung aufzufangen und zu kompensieren (28). Mittlerweile hat sich die Zahl der Knochen- und Knorpelpartikel im Gelenkinnenraum vermehrt, der Knochen wird abgeschliffen und teilweise die Markräume eröffnet. Damit entstehen Cysten, in denen die Partikel teilweise sedimentieren, sog. Geröllcysten (33).

Diese massiven morphologischen Veränderungen stehen in keinem Verhältnis zu den Beschwerden eines Arthrotikers. Schmerzhaft wird das Gelenk nämlich erst, wenn eine zusätzliche Synovitis hinzutritt. Diese ist Folge der beim Knorpelabbau entstehenden Produkte (33), wird aber auch durch mechanische Reizung des Stratum synoviale durch Randosteophyten ausgelöst (28). Daraus resultiert eine entzündliche Verdickung der Synovia, die Lubrikationskapazität derselben sinkt und damit wird die weitere Progression der Arthrose begünstigt. Ferner wandern Leukozyten in den Gelenkinnenraum, phagozytieren Knorpelpartikel und setzen Kinine

frei, die ebenfalls Schmerzen verursachen. Folge ist eine Synovitis, die -rezipierend- zu einer Verdickung der Gelenkkapsel und damit zu einer verminderten Nährstoffversorgung der Gelenkfläche führt. Mit einer Eröffnung des Markraumes kann es zu einer Freisetzung von Substanzen kommen, die über einer Reizung der Synovialmembran zu einer Synovitis führen.

Zusammenfassend heißt das, daß Arthrose latent fortschreiten kann, den Arthrotiker aber erst durch die Synovialitis und den dadurch ausgelösten Schmerz zum Rheumatiker macht (33).

2.1.4 Stadien der Arthrose

- STADIUM I : sog. Präarthrose, bei der bereits eine Gelenkinkongruenz mit der Folge einer unphysiologischen Belastung besteht, arthrotische Beschwerden sind noch nicht vorhanden.
- STADIUM II : stumme oder latente Arthrose: bei gezielter Exploration sind bereits klinische und radiologische Zeichen nachweisbar.
- STADIUM III : ausgeprägte Beschwerden, die auf eine Synovialitis zurückgehen. Gezielte Therapie kann zur Rückführung in STADIUM II führen.
- STADIUM IV : irreversible Gelenkschäden (72).

2.2 A R T H R I T I S

Eine Arthritis ist die häufigste Ursache für ein rheumatisches Leiden. Sie wird durch eine Entzündung des stratum synoviale = Synovialitis ausgelöst. Im Gefolge dieser Synovialitis kann es über einen verminderten Substratumsatz mit dem Gelenkinnern und eine verminderte Hyaluronsäure-Produktion zu degenerativen Veränderungen im Gelenkknorpel kommen. Synovialitis entsteht auch bei fortgeschrittener arthrosis deformans. Synovialitis kann also Ursache und Folge einer Arthrose sein.

Das Synovialgewebe bildet den Manifestationsort an sich für eine entzündliche Gelenkreaktion.

Den Grund für deren ausgeprägte Reaktion sieht Fassbender (33) in einer besonderen strukturellen Disposition des stratum synoviale:

Das Synovialgewebe bildet keinen soliden Zellabschluß zu Hohlraum des Gelenkes hin. Dadurch ist das Synovialgewebe verantwortlich für alle exsudativ entzündlichen Prozesse, die ein Gelenk alterieren (33).

Bindegewebszellen reagieren auf Plasmaexsudation und Fibrinpolymerisation mit der Ausbildung eines Granulationsgewebes, das schließlich in eine Narbe mündet. Das Synovialgewebe bildet keine Narbe, sondern reagiert mit einer Proliferation ortsständiger Bindegewebszellen. Damit vergrößert sich die Synovialmasse, eine erneute Entzündung potenziert den Verlauf hin zu einer übermäßigen Synovialgewebswucherung.

Diese Zellwucherung kann den Gelenkknorpel zangenartig umgreifen = Pannusgewebe und mit ihrem Gehalt an lysosomalen Zellen Proteoglykanmatrix und kollagene Fasern auflösen.

Das Ausmaß der Gelenkknorpelzerstörung ist somit eine Funktion von Intensität und Frequenz der exsudativen Schübe (28, 33, 71, 72).

Anbei die tabellarische Übersicht der Klassifikation der Arthritis nach Eder (28).

E R S C H E I N U N G S F O R M E N D E R A R T H R I T I S

I. Rheumatische Arthritiden oder entzündlich-rheumatische Krankheiten	II. Infektiöse Arthritiden und infektiöse Rheumatismen
A) Die rheumatischen Arthritiden im engeren Sinne: 1. Polyarthritidis rheumatica acuta (akuter Gelenk-rheumatismus) 2. Chronische Polyarthritidis (rheumatoide Arthritis) 3. Juvenile cp 4. Spondylarthritidis ancylopoetica (M. Bechterew-Strümpell-Marie) 5. Besondere Verlaufsformen der cp mit extraartikulärer Manifestation z.B. Sjögren-Syndrom; Felty-Syndrom; Still-Chauffardsche Erkrankung; Caplan-Syndrom B) Gelenkveränderungen bei Erkrankungen des kollagenen Bindegewebes: 1. Angeborene Erkrankungen des kollagenen Bindegewebes 2. Arthritiden der sog. Kollagenosen (Lupus erythematoses; Dermato- bzw. Polymyositis; Sklerodermie; Periarthritis nodosa) C) Arthritiden im Verlauf anderer Erkrankungen z.B. bei • Morbus Reiter • Psoriasis • Intestinalerkrankungen (M. Crohn; Colitis ulcerosa; Ruhr) • Agammaglobulinämie • Sarkoidose D) Pigmentierte villonoduläre Synovialitis	A) Bakterielle Arthritiden Streptokokken-, Staphylokokken-, Gonokokken-Arthritiden; Arthritis bei Lepra oder Tuberculose B) Nicht-bakterielle Arthritiden Arthritiden bei Lues, Viruserkrankungen, Mykosen u.a.

Tab. 2.2.1 Erscheinungsformen der Arthritis (nach M. Eder (28)).

3. Arthrosen der Handwurzel und deren Behandlungsmöglichkeiten

3.1 HANDGELENKSARTHROSE.

3.1.1 Ätiologie

Charakteristisch für das Handgelenk sind zwei fast gegensätzliche Eigenschaften. Auf der einen Seite der große Bewegungsumfang mit der fast unbegrenzten Anpassungsfähigkeit an die zu ergreifenden Gegenstände, auf der anderen Seite die hohe Stabilität (8).

Die häufigsten Ursachen schwerer Funktionseinbußen des Handgelenkes sind:

- fortgeschrittene Handgelenksdestruktionen bei cP
- posttraumatische Arthrose nach dist. Radiustrümmerfrakturen mit Gelenkbeteiligung
- alte Kahnbein- und Mondbein-PA und Lunatummalazien mit arthrosis deformans und heftigen Schmerzen (36).

Um einer Handgelenksarthrosenentstehung vorzubeugen, versucht man, entzündlich Veränderungen medikamentös in den Griff zu bekommen, bei traumatischen Ereignissen ist eine genaue anatomische Rekonstruktion der Knochen-, Gelenk- und Bandverhältnisse notwendig.

Bei Scaphoid - und Lunatumveränderungen sind eine Vielzahl von Behandlungsmethoden beschrieben, die einer PA-Entstehung entgegenwirken, eine manifeste Beseitigen und Nekrosebildungen verhindern sollen.

Gerade Verletzungen in diesen beiden Knochen sind an der HG-Arthrosenentstehung maßgeblich beteiligt, die Ätiopathogenese ihrer Erkrankungen noch nicht ganz geklärt und die Behandlungsmethoden different, so daß diesen beiden Karpalknochen jeweils ein eigenes Kapitel gewidmet wird.

Zur Verhinderung oder Beseitigung einer HG-Arthrose sind bisher folgende Operationsmethoden angewendet worden (36):

- Stabilisierende Maßnahmen zur Überbrückung der PA
- Resektion des dist. Ulnaendes
- Handgelenksarthrodese
- Korrekturosteotomie
- Resektionsarthroplastik
- Teilarthrosen und Teilarthroplastiken

Die einzelnen Behandlungsmethoden werden bei den einzelnen ursächlich betroffenen Knochen und Gelenken besprochen.

3.1.2 Behandlungsmöglichkeiten

Obwohl in dieser Arbeit keine Patienten mit Handgelenksprothesen untersucht wurden, sollen der Vollständigkeit halber tabellarisch die Behandlungsmöglichkeiten der Handgelenksarthrose aufgezählt werden:

1. Arthrodese
2. Resektionsarthroplastik
3. Endoprothesen:
 - GSB-Prothese nach Gschwend, Scheier, Böhler (8, 69)
 - Totalendoprothese nach Meuli (68, 70)
 - Totalendoprothese nach Volz (69, 103)
 - Silastic-Handgelenks-Implantat nach Swanson (35)
 - variable Silastic-Teilprothesen nach Wilhelm und Feldmeier (36)

Tab.: 3.1.1 Behandlungsmöglichkeiten der Handgelenksarthrose

3.2 SCAPHOID - PSEUDARTHROSE

3.2.1 Ätiologie

Die Scaphoid-Fraktur der Handwurzel macht etwa 2-4 % aller Knochenbrüche aus. Die besondere Bedeutung einer Fraktur in diesem Knochen liegt darin, daß es in 4 % aller Scaphoidbrüche im mittleren und an der Grenze zum prox. Drittel zur Entstehung einer Pseudarthrose kommt (64).

Die exponierte Lage des Scaphoids als Brücke zwischen prox. und distaler Handwurzelreihe verbunden mit speziellen Bewegungsaufgaben sowie die Tatsache, daß das Scaphoid in der Mitte eine Einschnürung erfährt, in der zudem spezielle Spongiosaverhältnisse vorliegen (15), wird für die bevorzugte Frakturierung mit immerhin mehr als 60 % aller Handwurzelknochen verantwortlich gemacht (108). Ferner werden Veränderungen der Radiusgelenkfläche als Entstehungsursache diskutiert (110).

Die Scaphoidfraktur ereignet sich überwiegend beim Sturz auf die dorsalflektierte und radialabduzierte Hand (1, 108, 110).

Neben diesem beachtlichen Trauma kann es auch zu Spontanfrakturen und Ermüdungsbrüchen kommen.

Ohne äußere Ursache setzen bisweilen Umbauvorgänge mit Nekrose und Cystenbildung in der Kahnbeinmitte ein, so daß es bei alltäglichen Bewegungen gelegentlich zu Spontanfrakturen kommt (3). Die Ermüdungsbrüche sind als Folge chronischer Traumen, wie zum Beispiel das Arbeiten mit Preßlufthammern zu sehen. Es bildet sich zunehmend eine Ermüdungscyste, die bei Entlastung ausheilen, andernfalls einbrechen kann. Es resultiert ein Ermüdungsbruch (3, 110). Spontan- und Ermüdungsfraktur können als Pseudarthrose verkannt werden: scheinbare PA. Bei längerem Bestehen können diese Frakturen aber in echte PA münden.

Von einer Pseudarthrose spricht man, wenn eine röntgenologisch erkennbare Abdeckelung oder ausgedehnte Resorptionshöhle der Frakturfragmente vorliegt (12, 13).

Die Ursache für die Entstehung von Pseudarthrosen kann einmal in der Verknennung oder mangelhaften Behandlung von Scaphoidfrakturen liegen.

Doch auch trotz richtiger Diagnose und konsequenter Ruhigstellung resultiert immerhin in 4 % der Scaphoidfrakturen eine Pseudarthrose. Die Ursachen werden bereits lange heftig diskutiert. Es muß eine mangelhafte Kallusbildung vorliegen. Ursache dafür kann liegen in der Synovialflüssigkeit, in defizienter Gefäßversor-

gung, Periostdefizit, Veränderung der Spongiosaarchitektur, mangelnde Ruhigstellung, Bruchlokalisation sowie Radiusvarianten.

● Spongiosaflüssigkeit

Codman und Chasse sehen die Ursache der PA-Entstehung in einer Umspülung des Bruchdefektes mit Spongiosaflüssigkeit.

● Gefäße

Viele Autoren haben sich bereits mit der Blutversorgung des Scaphoids auseinandergesetzt, wie Lützel (63), Carstensen (15), Fasol (31, 32) Reding (77) u.a. und sind zu teilweise divergierenden Ergebnissen gelangt.

Während Lützel (63) zu dem Schluß kommt, daß für die prox. und dist. Hälfte des Scaphoids je ein Gefäßsystem zur Verfügung steht, kommt Fasol im Einklang mit Carstensen zu dem Ergebnis, daß die Gefäßversorgung ausschließlich über einen Ast der Arteria radialis erfolgt. Das Gefäß dringt an der Doralseite des Scaphoids im dist. und mittleren Drittel in den Knochen ein (100). Das prox. Drittel zeigt keine Gefäßbeintritte (15, 31, 32, 77), die Blutversorgung erfolgt ausschließlich intraossär. Bei einer Fraktur in diesem Bereich ist die Blutversorgung kurzzeitig unterbrochen. Dies beweist auch eine zu Beginn der Heilung auftretende Kalkverdichtung, die sich später bei fortschreitender Heilung nach Böhler (9) wieder normalisiert. Die Blutversorgung in den übrigen Scaphoidbereichen ist durch Anastomosen hinreichend gewährleistet, so daß eine mangelhafte Blutversorgung für die PA-Entstehung nicht verantwortlich gemacht werden kann.

● Periostdefizit

Auf der Ulnarseite des Scaphoids, also hin zum Lunatum, ist das Scaphoid nicht mit Periost, sondern mit Gelenkkapsel überzogen, so daß hier keine periostale Knochenbildung möglich ist (63). Hier muß die weniger effektive endostale Kallusbildung einspringen (15, 63, 100). Dementsprechend schreitet die Kallusbildung auf der radialen Scaphoidseite rascher voran (63). Es handelt sich nicht um eine mangelhafte, sondern lediglich eine verzögerte Kallusbildung, die über das Problem der langen Ruhigstellung zur PA führen kann.

● Spongiosaarchitektur

In Kahnbeinmitte ist das Spongiosagebälk nach Carstensen lichter, so daß die endostale kallusbildende Oberfläche hier kleiner ist. Damit tritt eine verzögerte Kallusbildung ein (63).

● Mechanik

Wie in dem Kapitel "Anatomie und Mechanik" (5.1) ausführlich nachzulesen ist, vollzieht das Scaphoid komplexe Kippbewegungen, die einer PA-Entstehung Vorschub leisten. So verläuft die Bewegungsachse des Intercarpalgelenks bei Frakturierung des Scaphoids durch den Bruchspalt, so daß die prox. Handwurzelreihe das prox. Fragment und die dist. Handwurzelreihe das dist. Fragment mitführt.

Ferner artikuliert das Scaphoid sowohl mit Radius und Lunatum im prox. Bereich als auch mit Trapezium und Trapezoideum im dist. Bereich. In beiden Gelenken finden sich -voneinander getrennte- Gelenkkapseln und verstärkende Bandzüge, wobei der mittlere Scaphoidbereich ausgespart, d.h. bandfrei gehalten wird. Das Kahnbein ist so zwischen prox. und dist. Handwurzelreihe ausgespannt und enormen Zugkräften ausgesetzt.

Der Sehne des Musculus flexor carpi radialis wird ebenfalls eine heilungsverzögernde Rolle zugesprochen. Sie inseriert an der Basis des MC II, zieht über das Tuberculum des Kahnbeins hinweg zum Vorderarm und verursacht ständige minimale Bewegungen im Bruchspalt (80).

Zuletzt soll der Processus styloideus radii als Hypomochlion dienen (39). Bei Radialabduktion gleitet das Scaphoid über den Processus nach ulnar. Hierbei entsteht eine gewisse Reibung, die bei Frakturierung des Scaphoids zu einer Klaffung des Frakturspaltes führen kann, da das prox. Fragment -ans Lunatum geheftet- unabhängig; ulnarwärts driftet.

● Bruchlokalisation

Das os scaphoideum läßt sich in drei Abschnitte einteilen. In ein dist., ein mittleres und ein prox. Drittel. Die Häufigkeit von Frakturen in den einzelnen Bereichen verteilt sich nach Russe (81) wie folgt:

distales Drittel	=	10 %
mittleres Drittel	=	70 %
proximales Drittel	=	20 %

Frakturen im mittleren sowie zu Beginn des prox. Drittels sind am häufigsten mit der Bildung von PA belastet. PA im mittleren Drittel entstehen aufgrund der oben beschriebenen mechanischen Beanspruchung in der ungünstigen Knochenarchitektur. PA am Übergang zum prox. Drittel sind häufig Ursache der mangelnden Blutversorgung in diesem Bereich (81).

● Minus- und Plusvarianten des Radius

Varianten in den Längenverhältnissen von Radius und Ulna sollen zu unausgeglichene Druck- und Spannungsverhältnissen in der Handwurzel führen und damit eine PA-Entstehung begünstigen.

● Bruchform

Man unterscheidet drei mögliche Bruchformen (99):

- horizontaler Schrägbruch
- Querbruch
- vertikaler Schrägbruch

Der horizontale Schrägbruch ist der stabilste: Bei Bewegung werden keine Seitverschiebungen der Frakturenden beobachtet.

Der Querbruch ist instabiler, indem es zu Seitverschiebungen des dist. Bruchstückes bei Streckung nach ulnar und bei Beugung nach radial kommt.

Der vertikale Schrägbruch ist am instabilsten, wobei ausgedehnte Seitenverschiebungen des dist. Bruchstückes bei Streckung nach distal und bei Beugung nach proximal erfolgt (99).

Dies verdeutlicht die besondere Beachtung und sorgfältige Behandlung des Quer- und vertikalen Schrägbruchs.

3.2.2 Behandlungsmöglichkeiten

Unerkannte und somit unbehandelte, oder falsch behandelte Scaphoidfrakturen können zur Bildung von PA führen. Die Patienten leiden unter uncharakteristischen Beschwerden wie Wetterfühlbarkeit, geringe Bewegungseinschränkung, Kraftlosigkeit und Schwellungen. Im weiteren Verlauf entwickelt sich eine Arthrosis deformans, auch in den umliegenden Gelenken, mit allen bekannten Folgen, wie Bewegungseinschränkung, Fehlstellung bis hin zu einer Synovialitis mit ausgeprägten Schmerzen.

Die sachgerechte konservative Behandlung frischer Kahnbeinbrüche führt in den meisten Fällen zum Erfolg (84, 108). Ziel jeder Behandlung ist die absolute Immobilisation. Verwendung finden Faustgipsverband nach Rehbein mit Einschluß des Daumens und aller Langfinger (1, 84), Schwurhandgips, Navicularegips mit betonter Dorsalflexion, Radialabduktion mit und ohne Ellenbogeneinschluß.

Eine veraltete Fraktur kann auch unter konservativer Behandlung ausheilen, es wird jedoch zunehmend eine operative Maßnahme empfohlen.

Die Behandlung der PA stellt ein besonderes Problem in der Traumatologie der Hand dar. Unter Zugrundelegung verschiedener Vorstellungen über den pathogenetischen Mechanismus der PA-Entstehung wurden eine Vielzahl von konservativen und operativen Behandlungsverfahren entwickelt. Allein die Vielzahl beweist das Fehlen einer in allen Fällen erfolgreichen Methode der Wahl (47).

Es lassen sich Palliativeingriffe, die v.a. einer Schmerzerleichterung ohne Beseitigung des Grundleidens dienen, von sanierenden Maßnahmen unterscheiden, die eine Wiederherstellung der knöchernen Kontinuität des Scaphoids anstreben:

Sanierende Maßnahmen:

- **Becksche Bohrung:**

zeigt nach Andreesen und Buck keine befriedigende Erfolgsquote (3, 12).

- **Implantation von Fremdkörpern**

- Elfenbeinstifte nach Lambotte (54)

- Kirschnerdraht (55)

- Mehrkantnagel

Giesecking stellt eine Nav.-Fraktur mittels eines Mehrkantnagels ruhig (42).

Nach Buck-Gramcko finden Kirschnerdraht und Mehrkantnagel heute kaum mehr Verwendung.

- **Schraubenosteosynthese:**

A0-Zugschraube: Indikation besteht bei perilunärer Luxationsfraktur, bei Kombination einer Scaphoidfraktur mit schwerer Zertrümmerung des handgelenknahen Speichenendes, bei veralteten vertikalen Schrägbrüchen oder solchen, die im mittleren oder prox. Drittel liegen (47, 58, 84, 114). Die Ergebnisse dieser Methode sind sehr umstritten. Buck-Gramcko, Koob, Voorhoeve (105) erreichen relativ schlechte Ergebnisse, während Hauer (47) und Ledermann (58) relativ gute Resultate erzielen.

Verschraubung mit Spongiosaeinlagerung: Zusätzlich zur Schraube erfolgt eine Auffüllung des Schraubenkanals mit Spongiosa aus dem Radius bzw. Beckenkamm (12).

Elektrodynamische Knochenbruchbehandlung: Wilhelm und Feldmeier haben die A0-Verschraubungstechnik im Sinne der elektrodynamischen Knochenbruchbehandlung nach dem System von Kraus und Lechner modifiziert (111, 113). Parallel zur Schraube wird ein Kirschnerdraht eingebracht und beides mit Elektroden verbunden, die an einen Wechselstromgenerator angeschlossen werden (113). Dabei ergibt sich ein elektrisches Feld mit magnetischen und elektrischen Potentialen, wie sie auch bei Be- und Entlastung des Knochens oder bei Zellfunktionen erscheinen (53). So werden durch Applikation von Wechselstrompotentialen die natürlichen nachgeahmt und als Reiz trotz mechanischer Ruhigstellung der Fragmente eine raschere Konsolidierung erreicht. Bei Wilhelm Konsolidierungssteigerung von 20 % (111).

- **Scaphoid-Platte**

Indikation besteht bei Kahnbeinbrüchen mit traumatischen Höhlen und bei PA. Grundsätzlich wird die Platte in Kombination mit einem Spongiosablock aus dem Beckenkamm verwendet (29).

● Spongiosaplastik nach Matti-Russe

Indikation für die Spongiosaplastik besteht bei PA mit großer Resorptionshöhle, PA im prox. Drittel, PA mit ausgesprochenem avaskulären Nekrosezeichen im prox. Fragment und ist solange gegeben, solange nicht zu schwere arthrotische und degenerative Veränderungen der Handwurzel vorliegen (26, 82). Der Vorteil der Stabilität, der Anregung der Osteogenese und der geringen Traumatisierung muß mit einer langen Ruhigstellung erkaufte werden, da das Transplantat am Knochenumbau beteiligt ist.

Die Spongiosaplastik gilt bei den meisten Autoren als Mittel der Wahl (3, 9, 11, 26, 39, 82, 99).

● Spanbolzung

Die Spanbolzung findet man in der Literatur in verschiedenen Modifikationen:

- offene Spannung mit Freilegung der PA nach Adams-Leonard und Murray
- Bolzung mit abgeschlagenen proc. styl. radii nach Barnard-Stubbins
- gedeckte Bolzung nach Bunnell
- zentrale Spannung mit Olekranonspan nach A. Wilhelm (110)
- Spanbolzung nach Riess unter temporärer Sehnenverlängerung der Sehne des M. flexor carpi radialis u.s.w. (3, 39, 54, 110).

All diese Verfahren haben sich gegenüber der Spongiosaplastik nach Matti-Russe nicht durchsetzen können (12, 13).

● Fettgewebsinterposition

Bei der Fettgewebsinterposition nach Bentzon werden zwischen die Frakturteile Fetteile gebracht mit dem Ziel, die PA im Sinne eines künstlichen Naviculare bipartitum in eine Nearthrose umzuwandeln. Entscheidend für den Erfolg ist die funktionierende Gefäßversorgung der beiden Scaphoid-Teile (12, 13, 14, 31).

Die sanierenden Operationsmaßnahmen erfahren ihre Kontraindikation dann, sobald klinisch und radiologisch sichere Hinweise für das Bestehen einer Arthrosis deformans zu finden sind (47). An ihre Stelle treten dann sogenannte palliative Eingriffe.

Palliative Maßnahmen:

● Styloidektomie

Wie oben erwähnt, ist der Griffelfortsatz des Radius als Hypomochlion bei Seitenbewegungen des Handgelenkes zu sehen, das infolge seiner Hebelwirkung einerseits der PA-Heilung abträglich ist zum anderen die Fragmente bei jeder Bewegung schmerzhaft aneinander scheuern läßt (30, 56).

Die Styloidektomie mit gleichzeitiger Spanbolzung geht zurück auf Barnard-Stubbins, während Smith-Friedman eine alleinige Styloidektomie durchführen.

Bei richtiger Indikation hat sich diese Methode durchaus bewährt.

- Arthrodesen

- intercarpale Arthrodesen

Es wird versucht, mit Hilfe eines Knochenspans die Scaphoid-Fragmente mit dem Lunatum zu verknüpfen und eine einheitliche Gelenkfläche gegenüber dem Radius zu erhalten (13).

- Handgelenksarthrodesen

Die HG-Arthrodesen finden ihre Anwendung dann, wenn bereits eine ausgedehnte Arthrose des HG vorliegt oder operative Sanierungsmaßnahmen versagt haben. Eine reparative Beseitigung der PA hätte keine Auswirkung auf die Schmerzbekämpfung, da sie die HG-Arthrose nicht beeinflussen kann (8).

- Denervierung

Indikation besteht bei Scaphoid-PA und Lunatumnekrosen mit Sekundärarthrosen nach Radiusstrümmfrakturen, Kombinationsverletzungen des Karpus bei noch bestehender Stabilität, und bei Arthrosen des distalen Radiusulnargelenkes. Außerdem kann vor einer HG-Arthrose eine Denervierung versucht werden, falls die arthrotischen Veränderungen des HG noch nicht sehr ausgeprägt sind. Der Vorteil besteht vor allem darin, daß in relativ hohem Prozentsatz Schmerzfreiheit bei erhaltener Funktionsfähigkeit erreicht wird (12, 13,78).

- Z-förmige Verlängerung der Sehne des m. flexor carpi radialis

Auf den Verlauf der Sehne des m. flexor carpi radialis als Konsolidierungshindernis ist zuvor hingewiesen worden. Riess verlängert sie deshalb bei jedem sanierenden Eingriff an frakturiertem oder PA-Scaphoid temporär durch Z-förmige Durchtrennung (80).

Während Riess (80) hervorragende Ergebnisse zu berichten weiß, hat sich diese Methode bei anderen nicht durchgesetzt, wird als alleinige Methode gänzlich Absage erteilt (12, 64).

- Exstirpationstechniken

- Fragment- oder Totalexstirpation:

Dieses vor allem früher gebräuchliche Verfahren zeigte nach anfänglich guten Ergebnissen, daß eine HG-Arthrose nicht verhindert werden konnte. Kraftlosigkeit, radiale Deviation der Hand sowie insgesamt eine erhebliche Gefügestörung der Carpalknochen waren weitere Nachteile, die viele Autoren zu einer ablehnenden Haltung bewegte (112). Lediglich die Exstirpation eines kleinen prox. Fragmentes behielt seine Indikation, da es wegen seiner schlechten Blutversorgung als avaskulär nekrotisches Teil bei jeglicher OP-Methode schwer zu fassen ist (12, 110).

- Fragmentextirpation mit Sehneninterposition:
 Wilhelm und Feldmeier implantieren in den durch Exstirpation entstandenen Knochendefekt ein autologes Sehneninterponat (Sehne des m. flexor carpi radialis bei dist., Sehne des m. palmaris longus bei prox. Fragment) (112). Nachuntersuchungen zeigten jedoch, daß neben nicht immer erreichter Schmerzfreiheit bei größeren Fragmenten mit einer Verschiebung der Knochenarchitektur zu rechnen ist. Dies führte zu der Indikation, daß nur noch Fragmente kleiner als $\frac{1}{3}$ des Gesamtknochens exstirpiert und ersetzt werden (37).
- Transnaviculo-lunäre Resektionsarthroplastik (Steinhäuser)
 Hierbei werden $\frac{2}{3}$ des Scaphoids und das vollständige Lunatum entfernt. Diese Methode von Steinhäuser verfolgt das Ziel, eine völlig neue funktionstüchtige Handwurzelreihe zu schaffen (48). Der neue Gelenkkopf besteht aus dem restlichen Scaphoid und dem Capitatum.
 Wilhelm und Feldmeier haben diese Methode aufgrund unbefriedigender Ergebnisse wieder verlassen (112).

1. Sanierende Maßnahmen

Becksche Bohrung

Implantation von Fremdkörpern

- Elfenbeinstift
- Kirschnerdraht
- Mehrkantnagel
- Schraubenosteosynthese
 - AO-Zugschraube
 - Verschraubung mit Spongiosaeinlagerung
 - elektrodynamische Knochenbruchbehandlung
- Scaphoid-Platte

Spongiosaplastik nach Matti-Russe

Spanbolzung

Fettgewebsinterposition

2. Palliative Maßnahmen

Styloidektomie

Arthrodesen

- intercarpale Arthrodesen
- Arthrodesen des Handgelenks

Denervierung

Z-förmige Verlängerung der Sehne des m. flexor carpi radialis

Exstirpation

- Fragment- oder Totalexstirpation
- Fragmentexstirpation mit Sehneninterposition
- Transnaviculo-lunäre Resektionsarthroplastik

Tab.: 3.2.1 Behandlung von Scaphoid-Pseudarthrosen

3.3 LUNATUMMALAZIE

Die funktionsbehindernde und letztlich sehr schmerzhafteste Handgelenks-Arthrose kann neben der Scaphoid-PA auch auf Veränderungen im danebenliegenden Lunatum, insbesondere der Lunatummalazie, zurückzuführen sein.

Zur Beurteilung der besonderen Position des Lunatums sowohl in anatomischer als auch funktioneller Hinsicht sei hingewiesen auf die Ausführungen in dem Kapitel "Anatomie und Mechanik" (5.1).

Eine Veränderung in der Struktur des Lunatums führt zwangsweise zu einer Störung des Karpalgefüges und der Druckverteilung, was letztlich die Entstehung einer HG-Arthrose bedingt.

3.3.1 Ätiologie

Die Lunatummalazie ist erstmals von Kienböck 1910 beschrieben worden. Sie gehört zu den häufigsten Lokalisationen umschriebener aseptischer Knochennekrosen und liegt in der Häufigkeit hinter M. Perthes und M. Köhler II.

Seit der ersten Beschreibung ist viel über die Ätiologie der Krankheit geschrieben worden. Letztlich laufen alle Erklärungsbemühungen nach Pöschl auf eine Störung der arteriellen Blutversorgung hinaus:

- **Kompressionsfrakturen:**

Uneinigkeit besteht in der Literatur darüber, ob ein einmaliges Trauma zur Entstehung einer Lunatummalazie führen kann. Während Koob (51) glaubt, daß eine lediglich zufällig in Zusammenhang mit einem Trauma durchgeführte Untersuchung eine anlagebedingte Mondbeinnekrose zum Vorschein bringt (27, 51), vertritt Pfeiffer (76) die Auffassung, daß manche Frakturen im Lunatum, ähnlich dem Scaphoideum, der Diagnose entgehen und anschließend über eine interosseale Gefäßunterbrechung zu einer Lunatummalazie führen. Dabei sei v.a. das prox. Fragment von nekrotischen Veränderungen betroffen (76).

- **Chronische Traumen (Ermüdungsbrüche):**

Breite Übereinstimmung findet man bei chron. Traumatisierung als Ätiologie. Besonders bei Arbeiten an Preßlufthammern beobachtet man gehäuft eine Lunatummalazie. Die Haltung der Hand verbunden mit dem ständigen Anschlagen des Arbeitsge-

rätes bedingt eine abwechselnde kurzfristige Unterbrechung der Blutzirkulation (51). Außerdem führt die Ulna während der Arbeit ein teleskopartiges Federn aus, das gegen das Lunatum schlägt und so eine ständige Mikrotraumatisierung desselben resultiert. Die Vermutung eines Ermüdungsbruches der Lunatum-Spongiosa ist naheliegend (5, 27, 34, 76).

● Konstitution:

Daß bei gleicher Exposition (Preßluftarbeiter!) nur ein geringer Teil mit einer Lunatummalazie reagiert, legt den Schluß nahe, daß prädisponierende Faktoren in Erscheinung treten müssen (5, 27).

- Minusvariante der Ulna

Nach Pöschl und Pfeiffer entsteht zwar keine Stufe in der Radiusgelenkfläche, da das lig. triangulare durch verstärkte Dicke die Unebenheit ausgleicht. Trotzdem kommt es zu einer Veränderung der Druckfläche auf das Lunatum, denn nach Pfeiffer (76) ist die Verdickung mit einer verstärkten Elastizität des Diskus erkauft, oder nach Koob (51) resultiert leicht eine degenerative Veränderung aus der verstärkten Dicke. Dem verstärkten Diskus steht radial die relativ harte Radiusgelenkfläche gegenüber, so daß auf die prox. Lunatumgelenkfläche ungleiche Druckkräfte und somit eine stärkere mechanische Belastung wirken (27, 51, 76).

- Konstitutionelle Anlageschwäche des Mondbeins

Bisweilen findet man in der Literatur doppelseitiges und familiär gehäuftes Vorkommen der Lunatummalazie, was auf eine anlagemäßige Schwäche des Lunatums hinweisen kann (27).

- Hormon- und Vitaminhaushalt

Ein klinischer oder experimenteller Beweis für die ursächliche Wirkung des Vitaminmangels, v.a. Vit.A, bei Lunatummalazie steht noch aus (27).

- Neurovaskuläre Störung

Nach Schäfer, Ricker und Frank sollen angeborene Gefäßnervenerkrankungen für aseptische Knochennekrosen verantwortlich sein. Ausgehend von der Auffassung, daß unter dem Knorpel gelegene Gefäße reizempfindlicher seien als unter dem Periost gelegene, soll das Lunatum wegen seiner ausgeprägten Knorpeloberfläche besonders gefährdet sein. Ebenfalls wurden Halsrippenvarianten in die Überlegungen mit einbezogen (27).

- Psychophysische Überlegungen

Die Verhaltensweise am Arbeitsplatz und die Geschicklichkeit bei der Arbeit werden diskutiert (27).

- Gefäßversorgung

Kienböck nahm als Ursache für die Entstehung der Lunatummalazie eine Ernährungsstörung durch Zerreißen des gefäßführenden Bandapparates an, und zwar als Folge einer traumatisch bedingten perilunären kurzfristigen Dorsalluxation. Cordes fand heraus, daß die Gefäßversorgung des Lunatums nicht so schlecht ist, wie zunächst angenommen (51). Der einzige Nachteil besteht in der Konzentrierung des Gefäßeintritts auf einen engen Bereich dorsal und ventral(5).

Weitere Theorien sind die mykotische Embolie (5).

Zusammenfassend geht die Mondbeinnekrose auf verkannte Frakturen, wahrscheinlich aber auf chronische Schädigungen zurück, wobei konstitutionelle Bedingungen zur Lunatummalazie prädisponieren (27, 51, 76).

3.3.2 Behandlungsmöglichkeiten

- Konservative Behandlung:

Bei Lunatummalazie Stadium I oder II wird die Hand in einem Mittelhandvorderarmgips unter Freilassung des Daumenballens und des Ellenbogengelenkes für ca. 2 Monate ruhiggestellt (76). Wegen der befürchteten trophischen Störungen infolge der langen Ruhigstellung wird von manchen Autoren das Tragen der Handgelenksmanschette nach Bürkle DELACAMP empfohlen. Nur akute Reizzustände sollten mit Gips versorgt werden (51).

Nach Weigert und Viernstein gelingt allerdings nur eine vorübergehende Besserung (101).

- Auffüllung des Lunatums mit Spongiosa:

Sämtliche Methoden der Auffüllung des Lunatums mit verschiedenen Materialien sind sehr umstritten (76). Die Palette reicht von der Excochleation des Lunatums mit anschließender Gipsplombierung (Nordmann) über die Becksche Bohrung mit Spongiosaplastik, die auf Matti zurückgeht, bis hin zur Implantation des os pisiforme am Gefäßstiel der a. ulnaris (5, 51, 76).

- Lunatum - Exstirpation:

Diesem Verfahren steht man heute im allgemeinen skeptisch gegenüber, da es nach der Entfernung des Lunatums zu einer massiven Gefügestörung kommen kann, die ebenfalls, wenn nicht sogar rascher in eine sekundäre HG-Arthrose mündete.

Nahigian erweiterte die Lunatum-Exstirpation dahingehend, daß er einen dorsalen Kapsellappen interponierte (73). Buck-Gramcko verwendete Sehnenmaterial (51, 73). Besser als die radikale Exstirpation, kommt es mit der Zeit zu Veränderungen des Interponates im Sinne einer Verkalkung, damit Gelenkspaltverschmälerung und letztlich wieder zu sekundären Arthrose (34).

- Resektion der proximalen Handwurzelreihe:

Dieses Verfahren von Joergensen wird von Steinhäuser als ungeeignet kritisiert, da die Einheitlichkeit der Gelenklinie entscheidend unterbrochen wird (88), während Crabbe hingegen über gute Ergebnisse zu berichten weiß.

- Transnaviculo-lunäre Resektionsarthroplastik:

siehe "Behandlung der Scaphoid-PA" (3.2.2)

- Niveau-Operationen:

Die Verlängerungsosteotomie der Ulna nach Persson bzw. die Verkürzung des Radius nach Axelsson beheben die zur Lunatummalazie disponierende Ulnaminusvariante und beeinflussen damit direkt einen ätiologischen Faktor (51, 76). Dabei dürfte die Radiusverkürzung der Ulnaverlängerung vorzuziehen sein, da das eine therapeutisch vorteilhafte Entspannung der Weichteile bringt, das andere aber Spannungen in Muskeln, Sehnen, Nerven und Gefäßen bedingen kann (101).

- Spaltung des Retinaculum flexorum:

Diese seltene von Cordega beschriebene Methode soll durch Entspannung des queren Hohlhandgewölbes zur Verbesserung der Lunatumzirkulation führen. Es werden Besserungen über mehrere Jahre beobachtet (51).

- Denervierung des Handgelenkes:

siehe "Behandlung der Scaphoid-PA" (3.2.2)

- Intercarpale Arthrodese:

Nach Graner (45) werden zwei Varianten angewandt: Bei relativ gut erhaltenem Lunatum wird dies zwischen Triquetrum, Scaphoideum und Capitatum mit Knochenspänen eingeblockt. Bei weitgehend zerstörtem Lunatum wird dies entfernt, das Capitatum osteotomiert und das prox. Fragment mit Triquetrum und Scaphoideum verbunden, Zwischen dist. und prox. Capitatumpol erfolgt eine Spongosaauffüllung. Von verschiedenen Autoren werden gute Resultate gemeldet (51, 76, 88).

- Handgelenk-Arthrodeese:

Als letzte Möglichkeit bietet sich bei starken arthrotischen Veränderungen in beiden Handgelenken sowie bei Patienten mit schwerer manueller Arbeit die Handgelenksarthrodeese an.

Andere Methoden wie die Halsrippenentfernung (Guilleminot und Mallet-Guy), partielle Sympathektomie und Stellatumblockade (Tavernier und Mallet-Guy) dienen dazu, vermeintliche Störungen trophoangioneurotischer Art zu beseitigen. Trotz manch guter Ergebnisse haben sich diese Verfahren nicht durchgesetzt (5).

BEHANDLUNG DER LUNATUMMALAZIE

- Konservative Behandlung
- Auffüllung des Lunatums mit Spongiosa
 - Gipsplombierung (Nordmann)
 - Becksche Bohrung mit Spongiosaplastik
 - Os pisiforme - Verpflanzung
- Lunatum-Exstirpation
 - ohne
 - mit Interpositionsplastik
- Resektion der proximalen Handwurzelreihe
- Transnaviculo-lunäre Resektionsarthroplastik
- Niveauoperationen
- Spaltung des Retinaculum flexorum
- Denervierung des Handgelenks
- Intercarpale Arthrodeese
- Handgelenks-Arthrodeese

Tab.: 3.3.1 Behandlung der Lunatummalazie

3.4 ARTHROTISCHE VERÄNDERUNGEN AM TRAPEZIUM

Besonders zwei Arthroseformen sind es, die das Trapezium angreifen und in seiner Funktion einschränken, nämlich die Rhizarthrose und die Trapezium-Scaphoid-Arthrose.

3.4.1 Rhizarthrose

Als Rhizarthrose (Daumenwurzelarthrose, Daumensattelgelenksarthrose) bezeichnet man die Arthrose zwischen dem Trapezium und dem Metacarpale I, Arthrose des Trapezio-Metacarpalgelenks.

● Ursache:

Die Rhizarthrose tritt als isolierte Arthrose überwiegend bei Frauen in der Postmenopause auf (2, 61), so daß Hormonfaktoren eine Rolle spielen können (85). Desweiteren werden Entwicklungsanomalien des Trapezoideums, anlagemäßig lockere Bänderführung und chronische berufliche Überlastung diskutiert. Als posttraumatische Ursachen sind neben dislozierten Brüchen, Trümmerfrakturen und offenen Frakturen gefolgt von Infektionen im Carpometacarpalgelenk I, vor allem die Bennett-Fraktur, eine Luxationsfraktur an der Basis des MC I, zu nennen (91). Rheumatische Erkrankungen wie die CP, SLE und Arthritis psoriatica können ebenfalls letztlich in einen Zustand arthrotischer Veränderungen münden (61, 91).

● Pathogenese und Klinik:

Im Vordergrund der Erkrankung stehen Schmerz und Schwellung an der Daumenbasis. Mit zunehmender Dauer findet man Instabilitäten, Crepitationen und Deformitäten im Sinne von Subluxationsstellung mit Adduktionskontraktur im Daumensattelgelenk. Die Adduktionskontraktur verhindert die schmerzhaften Abduktionsbewegungen. Da der Daumen im Sattelgelenk weitgehend in Schonhaltung verbleibt, wird versucht, durch Bewegungen in den übrigen Daumengelenken, die Funktionseinschränkung zu kompensieren. Es resultiert eine Hyperextension im Daumengrundgelenk, was zu der Bezeichnung "Schwanenhalsdeformität" geführt hat (91).

Bei Gelenkergüssen kommt es zu einer Dehnung der Gelenkkapsel, zu Subluxationen und Verstärkung aller Deformitäten. Als Folge der Schonung des Daumens findet man Atrophien der Daumenballenmuskulatur (85, 91).

3.4.2 Arthrose im Trapezium-Scaphoid-Gelenk

Früher wurden neben der Rhizarthrose den arthrotischen Veränderungen an den anderen Trapeziumgelenkflächen wenig Beachtung geschenkt. Daß eine Rhizarthrose gar nicht so selten mit Arthrosen in anderen Trapeziumgelenken vorkommen kann, hat Swanson (91) gezeigt. Er fand, daß mit der Rhizarthrose das

- Trapezio-Metacarpale II-Gelenk mit 86,2 %
- Trapezium-Scaphoideum-Gelenk mit 48,3 %
- Trapezium-Trapezoideum-Gelenk mit 34,6 %

kombiniert gefunden wird (61).

Auch andere Autoren, wie Sims und Bentley, Carstan, Kessler et al. beschrieben eine isolierte bzw. kombinierte Arthrose im Trapezium-Scaphoideum-Gelenk. Das Vorhandensein einer panarticulären Trapeziumarthrose findet zusehends ihre Beachtung in der Rhizarthrose-Behandlung. Eine isolierte Therapie der Rhizarthrose ist erfolglos, solange an anderer Trapeziumstelle eine Arthrose fortbesteht (2, 61, 90, 91).

3.4.3 Behandlungsmöglichkeiten

● Konservative Therapie:

Solange die Schmerzen nicht zu groß sind, kann ein konservatives Vorgehen versucht werden. Mit Immobilisation im Gipsverband oder in radialer Schiene, mit Salbenverbänden, Fango und Kurzwellenbestrahlung sowie Corticoid-Injektionen versucht man, die Beschwerden zu lindern und die entzündliche Komponente zurückzuschlagen. Obwohl im Frühstadium der Erkrankung noch relativ erfolgreich, bringt diese symptomatische Behandlung auf Dauer keine Besserung und mündet in ein operatives Vorgehen (2, 10, 85).

● Operative Therapie:

- Arthrodese

Die Fusion von Trapezium und MC I bringt nach Eaton und Littler (1969) gute Resultate. Es entsteht ein schmerzfreier stabiler Knochen, so daß Schmid (85) insbesondere bei Schwerarbeitern mit starker Belastung der Gelenke eine Arthrodese bevorzugt. Allerdings ist bisweilen trotz langer Ruhigstellung ein knöcherner Umbau ausgeblieben und erfährt damit eine Einschränkung der Anwendung. Weiter wirkt sich nachteilig die Bewegungseinschränkung aus (10, 61, 90, 91).

- Arthroplastik mit Sehneninterponat

Die Interpositionsarthroplastik, wie sie Kessler befürwortet, ist eine erfolg-

versprechende Methode, solange die Arthrose nur auf das Trapezium-MC I-Gelenk begrenzt ist (61). Hierbei wird die Sehne des m. flexor carpi radialis durchtrennt, am dist. Ansatz erhalten und aufgerollt anstelle der excidierten dist. Trapeziumgelenkfläche eingebracht (10).

- Excisionsarthroplastik

Die Excision des gesamten Trapeziums ohne Ersatz ist viele Jahre durchgeführt worden und brachte insbesondere dann Schmerzfreiheit, wenn mehrere Gelenkflächen des Trapeziums arthrotisch verändert waren (Gervis 1949, 1973). Nachteilig wirkt sich aus, daß man mit dem Trapezium die Basis für kraftvolles Zugreifen des Daumens beseitigt. Die Folge sind Instabilität, Schwäche und Adduktionskontraktur (2, 61). Nicht selten folgt die Scaphometacarpal-Arthrodese (10). Um den Nachteilen wirkungsvoll zu begegnen, setzte man für das entfernte Trapezium ein Interponat aus Faszien- oder Sehnenmaterial ein. Buck-Gramcko (1972) verwendete die halbe Sehne des m. flexor carpi radialis und berichtet über gute Resultate (61).

;

4. SILIKON -

Implantate in der Handchirurgie

4.1 ALLGEMEINE GESICHTSPUNKTE

Bei Zerstörung der Carpalknochen oder bei arthrotischen Handwurzelgelenkveränderungen sind zuvor eine Reihe von Behandlungsmethoden beschrieben worden, von denen im einzelnen keine vollkommen erfolgreich zu sein scheint.

Den Grundsatz der Chirurgie, zerstörte Teile zu entfernen, hat Swanson insoweit erweitert, als er die resezierten Fragmente durch formgetreue Silikon-Prothesen ersetzt hat.

Er sieht folgende Kriterien, denen eine ideale Prothese genügen soll:

- Sie soll den Gelenkspalt beibehalten.
- Sie soll Bewegung und Stabilität gewährleisten.
- Sie soll leicht und wirkungsvoll entwickelt werden können.
- Sie soll einfache und feste Verankerung ermöglichen.
- Sie soll widerstandsfähig gegen Druck und Abnutzung sein.
- Sie soll für den Empfänger biologisch und mechanisch verträglich sein.
- Sie soll leicht herzustellen, zu sterilisieren und zu verwenden sein.
- Sie soll die Rehabilitation erleichtern.

All diese Kriterien glaubt Swanson mit seiner Silikon-Prothese gerecht zu werden (92, 95).

4.1.1 Chemie

Die Silikone sind eine Kombination organischer und anorganischer Bestandteile. Die Grundstruktur der Silikonpolymere ist das Dimethylsiloxan. Untereinander sind die Siloxane über Si-O-Bindungen verknüpft. Die Si-O-Anteile entsprechen

der anorganischen und die angehängten CH_3 -Gruppen der organischen Struktur. Damit läßt sich die Festigkeit des Silizium-Quarzes mit der Verformbarkeit von Gummi kombinieren (19, 95).

Die anorganischen Teile des Silikons bedingen auch seine chemische Trägheit. Es wird von organischen Systemen nicht angegriffen (19). So zeigt es weder Abnutzungerscheinungen noch klebende Eigenschaften (95). Es ist hitzebeständig, wodurch Sterilisation erleichtert wird. Weiter besitzt es -infolge der organ. Bestandteile- Biegungs- und Dämpfungseigenschaften. Es neigt allerdings zu Einrissen, falls die Oberfläche verletzt worden ist. Swanson rät deshalb, aus einem Stück gefertigte Implantate handgeschnitzten unbedingt vorzuziehen (95). Neuerdings hat Dow Corning (20) ein Silikon-Elastomer mit erhöhter Festigkeit hergestellt, v.a. ist eine erhöhte Reißfestigkeit erreicht worden, sogar nach Ankerungen oder Einschnitten. Das Präparat ist mit den Buchstaben H.P. = high performance versehen.

4.1.2 Herstellung und Anwendung

Das Silikon-Gummi, hauptsächlich von der Firma Dow Corning Corporation (20) hergestellt, findet mannigfaltige Anwendung in der Medizin, wie Allgemeinchirurgie, Plastische Chirurgie, Orthopädie, Urologie, Gynäkologie usw. Es ist erhältlich als hitzevulkanisiert oder als Raumtemperatur-vulkanisiert.

● Hitzevulkanisiert:

Die in der Handchirurgie verwendeten und in dieser Arbeit untersuchten Silikon-implantate sind hitzevulkanisiert. Unterschiedliche Härtegrade werden erreicht durch den Zusatz eines "Füllers", der mit Hilfe eines Katalysators an die Silikon-Polymere geknüpft wird. Die so verstärkten Silikon-Polymere werden zunächst bei 148°C getrocknet und anschließend 4 Stunden bei 200°C behandelt. Damit wird die Bindung des Füllers vervollständigt und der Katalysator entfernt, der sonst toxisch wirken könnte (19).

● Raumtemperatur-vulkanisiert:

Man unterscheidet ein 1- und ein 2-Komponenten-System. Beim zweiten handelt es sich um flüssige Polymere, die mit einem "Füller" versehen sind. Ein Katalysator wird beigegeben, der das flüssige Gemisch, nachdem es etwa in einen Hohlraum gegossen worden ist, verfestigt.

Das erste wird zur Verankerung von Implantaten verwendet, reagiert ohne Katalysator aufgrund eines Stoffes, der durch die Luftfeuchtigkeit zur Reaktion gebracht wird (19).

Die hitzevulkanisierten Implantate in der Handchirurgie werden den resezierten anatomischen Strukturen nachgebildet. So gleicht ein Scaphoid-Implantat im wesentlichen dem Kahnbein. Um den individuellen anatomischen Bedürfnissen gerecht zu werden, steht es in verschiedenen Größen zur Verfügung.

Wichtig für eine gute Funktion der Prothese ist seine Halterung. Diese wird einerseits gewährleistet durch eine sorgfältige Wiederherstellung des Kapsel-Bandapparates, andererseits besitzt jede Silikonprothese einen intramedullären Zapfen, mit dem sie in eine benachbarte Knochenstruktur verankert wird. Dies erfolgt zementlos.

4.1.3 Eigenschaften

Das Silikonimplantat gewährt aufgrund seiner chemischen Zusammensetzung große Biegebeanspruchung bei gleichzeitiger Stabilität und Festigkeit. Es ist hitzebeständig, kann somit leicht sterilisiert werden und zeigt keine Verschleißerscheinungen. Chirurgisch ist es leicht und schnell zu implantieren, ohne daß Spezialwerkzeuge notwendig sind (95). Es zeigt gute Gewebeverträglichkeit, so daß nur geringe Fibroblastenaktivität in der Prothesenumgebung zu finden ist (19, 95, 107). Um das Implantat bildet sich eine Gleitschicht, die von Mesothel begrenzt ist (107).

Das Material ist weicher als Knochen, so daß es keine Resorptionsreaktionen im Knochen hervorruft wie metallische Prothesen. Durch seine elastische Konsistenz werden Knorpel sowie andere umliegende Gewebe nicht geschädigt (107). Der intramedulläre zementlose Zapfen kann sich bei Bewegungen leicht in dem vorgebohrten Kanal hin- und herbewegen und erhöht damit die Haltbarkeit des Implantates, da Biegungskräfte durch die lockere Verankerung gedämpft werden (95).

4.1.4 Nebenwirkungen und Gewebsreaktionen

Da die Silikonprothesen vom Gewebe als Fremdkörper behandelt werden, kann es zu einer entzündlichen Reaktion kommen mit Granulocyten, histiocytärer Proliferation, Fremdkörperriesenzellen und der Bildung einer fibrotischen Kapsel (44). Die Fremdkörperreaktion manifestiert sich entweder im Implantatlager des Knochens oder im Gewebe der Gelenkumgebung auf Silikonpartikel, die durch Abrieb entstehen (115).

Anfangs haben verschiedene Autoren dargelegt, daß die Veränderung des Gewebes auf die Kapsel beschränkt ist. Es resultiert eine, für die Stabilität durchaus erwünschte Fibrosierung und Abdeckung durch eine Mesothelschicht (107).

Neuerdings wird gesagt, daß es zu einer Fremdkörperreaktion mit Riesenzellen und Phagocyten kommen kann, die sich auch auf umliegende Strukturen, insbesondere den Knochen, ausdehnen kann. Es ist auch mit Osteolysen zu rechnen (115). Es wird berichtet von Entzündungsreaktionen mit reaktiver Synovitis, die auch fortbestehen und in eine chronische Entzündung münden kann (4, 74, 117). Ferner können die Abriebpartikel des Silikonimplantates über die Lymphbahnen bis in die Achselregion abtransportiert werden mit den Zeichen einer Lymphadenopathie (74). Das Ausmaß und die Art der Fremdkörperreaktion ist abhängig von der Oberflächenbelastung, von der Größe der Oberfläche und der Gestalt der Prothese (44).

4.2 SPEZIELLE ANWENDUNGSBEISPIELE IN DER HANDCHIRURGIE

4.2.1 Silikon-Prothesen für das Kahnbein

All die oben beschriebenen Methoden zur Behandlung einer Scaphoid-PA werden mit wechselndem Erfolg angewandt. So können beispielsweise Denervierung und Exsisionsmethoden das Fortschreiten oder den Beginn sekundärer arthrotischer Veränderungen kaum verhindern. Ausgedehnte Karpalresektionen sind kosmetisch störend und die Arthrodesen schränkt die Beweglichkeit der Hand ein.

Ein Grundprinzip der Chirurgie ist es, das irreversibel erkrankte Teil zu entfernen. Damit ist es am besten, das nekrotische Fragment oder das gesamte Scaphoid zu resektieren. Um die Gefügeverschiebung innerhalb der Karpalreihen nach Scaphoid-Resektionen zu verhindern, implantierte Swanson ein dem Kahnbein nachgebildetes Silikonstück.

4.2.1.1 Scaphoid-Vollprothese

● Anwendung:

Das von Swanson entwickelte Silastic-Kahnbein-Implantat H.P. ist ein künstlicher Scaphoidersatz, der allerdings etwas von der natürlichen Form des Kahnbeins abweicht, um eine optimale Stabilität zu erzielen. Die Silikonvollprothese besitzt am dist. Pol einen intramedullären Fortsatz, mit dem sie im Trapezium verankert wird (96). Eine Befestigung dieser Art ist notwendig, da sich der bei der Operation zerstörte Kapsel-Band-Apparat erst wieder festigen und bis dahin die Prothese an der Luxation gehindert werden muß. Dazu eignet sich das Trapezium, da nach Swanson zwischen Scaphoid und Trapezium die geringste intercarpale Bewegung gegeben ist (95).

Die Silikonprothese ist also dazu bestimmt, den durch die Resektion des Kahnbeins entstehenden Raum auszufüllen, so daß die einzelnen Handwurzelknochen die richtige Lage zueinander beibehalten und gleichzeitig die Beweglichkeit des Handgelenks erhalten bleibt (22).

Um den individuellen Ansprüchen gerecht zu werden, entwickelte Dow Corning Silastic-Kahnbein-Prothesen in 6 verschiedenen Größen für die rechte und die linke Hand (22).

● Indikation:

Swanson definiert die Indikation für die Implantation von Silastic-Vollprothesen wie folgt (22, 95):

- Frische Knochenbrüche -Splitterbruch
 -stark verlagert
- PA, besonders mit kleinem proximalen Fragment
- Preißnersche Krankheit
- Avasculäre Nekrose eines Fragmentes
- Versagen vorangegangener chirurgischer Eingriffe

● Kontraindikation:

Keine sinnvolle Implantation einer P. ist dann gegeben, wenn die Arthrose nicht nur auf das Scaphoid beschränkt ist, so daß trotz Kahnbeinersatz andernorts Schmerzen, Deformation und Funktionseinschränkung weiterbestehen (22, 95, 100). Weiterhin kann die Befestigungsmöglichkeit des Implantats unzureichend sein, sei es durch einen insuffizienten Kapselbandapparat oder durch ein minderwertiges Trapezium. Bei langem Krankheitsverlauf können Veränderungen im Scaphoid zu einem Zusammensintern oder zur Verkleinerung führen, so daß ein Mißverhältnis zwischen P. und P.-Raum vorherrscht (22, 95, 100).

● Operationstechnik:

A. Swanson empfiehlt folgendes Vorgehen (22, 25, 34):

Der Hautschnitt erfolgt dorsolateral entlang dem Tabatiere unter Schonung der Äste des N. radialis. Weiter wird zwischen den Sehnen des m. extensor pollicis longus und m. extensor carpi radialis longus unter der Beachtung der a. radialis vorgegangen, bis die Gelenkkapsel des Radiocarpalgelenks erscheint, diese durch T-förmige Inzision eröffnet und versucht, das Scaphoid herauszupräparieren. Es wird mit Hilfe einer Hohlmeißelzange gearbeitet, wobei sorgfältig der palmare Bandapparat geschont werden muß.

Um eine Verletzung desselben zu verhindern, kann am dist. Pol des Scaphoids eine dünne Knochenschicht erhalten bleiben, da sie mit dem palmaren Bandapparat in Verbindung steht. Mit Hilfe von Meßprothesen wählt man die geeignete Größe aus. Für den intramedullären Fortsatz wird ein Loch in das Trapezium gebohrt. Nach Einbringen der P. wird durch passive Handbewegungen ihr stabiler Sitz geprüft. Vor der endgültigen Implantation der P. ist der volare Bandapparat zu prüfen. Er muß nötigenfalls gerafft, genäht oder mit einem Teil der Sehne des m. flexor carpi radialis verstärkt werden.

Um in der postoperativen Phase eine völlige Ruhigstellung der P. zu gewährleisten, die für die Festigung der Kapsel und der Umgebung mit faserreichem Bindegewebe notwendig ist, kann das Implantat auf zwei Arten temporär fixiert werden (25):

- Nahtverfahren
- Kirschnerdraht

Letztlich wird die Kapsel dorsal vernäht. Falls erforderlich, benutzt man die Sehne des m. extensor carpi radialis und Retinaculumgewebe zur Verstärkung.

Postoperativ wird eine feste Bandage angelegt, der Arm für 3-5 Tage aufgehängt. Anschließend wird ein Gipsverband angelegt, der nach 6 Wochen abgenommen werden kann. Die Kirschnerdrähte entfernt man nach 3 Wochen. Nach 12 Wochen sei das Handgelenk wieder voll einsatzfähig (22).

● Möglichkeiten der Fixierung des Implantates (22, 25):

Der Stabilisierung des Implantates gilt die größte Aufmerksamkeit. Sie wird erreicht durch einen tragfähigen Kapselapparat, der intraoperativ verstärkt werden kann, oder postoperativ durch konsequente Ruhigstellung der P. erreicht wird.

- Verstärkung der dorsalen Karpalbänder
Ein Streifen der Sehne des m. extensor carpi radialis wird durch das lig. carpi dorsale geführt und dieses dabei verstärkt.
- Retinaculum-Plastik
Ein Lappen des ulnaren Anteils des Retinaculums kann über die Sehnenrekonstruktion der dorsalen Kapselbänder geführt werden, um ein glattes Blatt zu bilden, in dem die Extensorensehnen gleiten können.
- Verstärkung volarer, radialer und dorsaler Strukturen
Ein Streifen der Sehne des m. flexor carpi radialis wird nach dist. freipräpariert, durch die ligg. palmaria in die Scaphoidéktomiewunde eingeführt und dem radialen Kapselgewebe angelagert. Nach Implantation der P. führt man den Streifen an der radialen und dorsalen Seite zum Gelenk zwischen Lunatum und Scaphoid. Dort wird es durch die dorsalen und volaren Kapselanteile durchgezogen, umgeschlagen und vernäht.
- Postoperative temporäre Implantat-Stabilisierung
 - Nahtverfahren: Das Kahnbeinimplantat wird mittels einfacher Schlinge mit resorbierbarer Naht an das Lunatum und, wenn erforderlich, auch an das distale Radiusende genäht.
 - Kirschnerdraht: Dabei wird ein 0,045 K.-Draht durch das distale Radiusende, die P. und das Capitatum geschoben. Ein zweiter Draht kann verwendet werden. Der Draht soll etwa 1,5 cm die Haut überragen.

4.2.1.2 Scaphoid-Teilprothesen

=====

● Anwendung:

Im Gegensatz zu Swanson verwendeten Wilhelm und Feldmeier in der Handchirurgie der Universität München bei PA mit Teilnekrose eine Scaphoid-Teilprothese. Bei Entfernung des gesamten Scaphoids müssen zunächst alle Band- und Kapselgewebe, die das Scaphoid in seiner anatomischen Lage halten, abgetrennt werden. Es ist sehr schwierig, postoperativ ein ausreichendes Gewebe zur Stabilisierung herbeizuführen. Der intramedulläre P.-Zapfen, der im Trapezium haften soll, ist nach Feldmeier für die Bewegungsansprüche des Scaphoids zu klein und zu instabil. Es resultiert eine große Luxationsgefahr. Wenn man jedoch lediglich das avitale nekrotische Fragment des Scaphoids entfernt, und das intakte Teil in seinen Bandverbindungen beläßt, so ist wenigstens ein Stück des Scaphoids stabilisiert. Eine Teil-Kahnbein-Prothese wird mit einem Stift im vitalen Bereich verankert, somit bei Bewegungen im verbliebenen Scaphoidteil passiv mitbewegt. Damit soll eine Luxation der P. weitgehend verhindert werden (37).

● Indikation:

- Bestehende PA mit avaskulärer Nekrose eines Fragmentes, wobei das nekrotische Fragment mindestens 1/3 des gesamten Scaphoids einnehmen soll.
- Fortbestehende PA nach Versagen anderer chirurgischer Eingriffe (37).

Lediglich in Fällen mit kompletter Kahnbeindestruktion wird der Vollersatz durchgeführt.

● Kontraindikation:

siehe Scaphoid-Vollprothese

● Operationstechnik:

Der Zugang erfolgt bei Entfernung des prox. Fragmentes dorsoradial, bei Entfernung des dist. Teils lateral. Das Retinaculum extensorum wird teilweise abpräpariert und später als Kapselverstärkung verwendet. Nach Aufsuchen der Kapsel und Durchtrennung derselben entfernt man das avitale Stück, begradigt die PA-Fläche und paßt die P. ein. Sie wird am OP-Tisch mit dem Skalpell zu-rechtgeschnezt, nicht ohne einen Verankerungszapfen zu gestalten. Nach Implantation der P. und Überprüfung des Sitzes durch passive Handbewegungen wird die OP mit Kapselnaht und Kapselplastik abgeschlossen (37).

Die postoperative Immobilisation beträgt 4 Wochen, um anschließend in eine Physiotherapie zu münden (37).

4.2.2 Lunatum-Prothese

Das Lunatum als zentraler Baustein der mittleren Artikulationskette ist bei

Traumen besonders gefährdet. Die Ätiologie und die prädisponierenden Faktoren der Lunatummalazie sind hinlänglich beschrieben. Eine Zusammensinterung und Deformation des Lunatums führt zu einer intercarpalen Gefügestörung, wobei v.a. das Capitatum proximalwärts zu gleiten droht. Folge ist natürlich HG-Arthrose mit allen Beschwerden. In frühen Stadien versucht man durch Radiusverkürzung den Prozeß aufzuhalten, wobei gute Resultate berichtet werden. Später folgt Excision des Lunatums mit und ohne Sehnenarthroplastik bis hin zur Arthrodese. Es resultiert sekundäre Arthrose und Bewegungseinschränkung.

● Anwendung:

Swanson hat ein Silastic-Implantat entwickelt, das den Raum nach Lunatum-Excision ausfüllt und so die normalen Verhältnisse der umliegenden Karpalknochen bewahrt.

Die Silastic-Os-Lunatum-Prothese H.P. hat im Prinzip dieselbe Form wie das Mondbein, wobei aber die konkaven Flächen etwas tiefer liegen, um dem Implantat größere Stabilität zu geben. Das Implantat ist mit einem intramedullären Zapfen ausgestattet, der im Triquetrum verankert werden und so der P. postoperativ einen Halt geben soll, bis der Kapselbandapparat zu neuer Festigkeit gefunden hat (23).

Dow Corning liefert die Lunatum-P. in 5 verschiedenen Größen für die rechte und linke Hand (23).

● Indikation:

- Aseptische Nekrose = Lunatummalazie
- Chronische Dislokation
- Versagen konservativer Behandlungsmethoden

● Kontraindikation:

Die P. ist nicht indiziert, wenn arthrotische Veränderungen nicht auf die Gegend des Mondbeins beschränkt sind, da keine Schmerzfreiheit erreicht werden kann. Schwierigkeiten können sich nach chronischen Dislokationen und bei lang bestehender Lunatummalazie mit Zusammensinterung des Lunatums ergeben, da der Resektionsraum vielfach sehr verkleinert ist (23).

● Operationstechnik:

Zugang über dorsalem Längsschnitt unter Erhaltung sensibler Hautnerven. Bei Dislokation des Lunatums nach volar ist ein volarer Schnitt zu legen. Anschliessend präpariert man weiter zwischen dem 3. und 4. Sehnenfach. Dann incidiert man die dorsale Handgelenkscapsel und bewahrt sie für die spätere Kapselplastik. Das Lunatum wird unter sorgfältiger Schonung des volaren Kapsel-Bandapparates excidiert. Falls nötig, bleibt eine feine palmare Knochenschicht bestehen. Die richtige P.-Größe wird ausgewählt und anschließend ein Loch in das

Triquetrum zur Verankerung des Implantates gebohrt. Noch einmal überprüft man den palmaren Bandapparat, näht oder verstärkt ihn -wenn nötig- mit einem Stück Sehne des m. flexor carpi radialis, um eine palmare Dislokation unter allen Umständen zu vermeiden (23, 25, 87).

Die P. wird eingesetzt und temporär fixiert durch

- Naht
- Kirschnerdraht.

Zuletzt wird die Kapsel in ein Bohrloch im Radius eingenäht (23, 25).

Bei palmarer Luxation des Lunatums erfolgt, wie erwähnt, palmarer Zugang. Das Lunatum liegt im Karpalkanal, Kapsel und Bänder werden vom Lunatum freipräpariert und geschont. Die Anpassung und Implantation erfolgen wie oben. Der volaren Kapsel- und Bandplastik ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen und eventuell durch einen freien Sehnenstreifen des m. palmaris longus zu verstärken. Die Sehne kann durch Bohrlöcher im Caputatum, Scaphoid und Radius verankert werden (23, 25).

Postoperativ wird ein gespaltenen U-Armgips oder Gipsschiene angelegt, der Arm 5-7 Tage hochgelagert. Anschließend erfolgt die Immobilisierung im kurzen U-Armgips etwa für 6 Wochen. Entfernung der Kirschnerdrähte nach 3 Wochen (23, 25, 87).

● Möglichkeiten der Fixierung des Implantates:

- Verstärkung der dorsalen Kapselbänder

Ein Stück der Sehne des m. extensor carpi radialis kann in die Kapsel eingeschoben werden.

- Retinaculumplastik

siehe Scaphoid-Vollprothese

- Postoperative temporäre Implantat-Stabilisierung

● Nahtverfahren: Das Implantat kann mittels einfacher Schlinge an das Scaphoid genäht werden.

● Kirschnerdraht:

Das Lunatum kann mit Kirschnerdrähten an benachbarte Knochenstrukturen, wie Hamatum, Caputatum, Scaphoid oder Radius fixiert werden. Der Draht soll etwa 1 cm die Haut überragen und von dem anzulegenden Gipsverband möglichst nicht tangiert werden (23, 25).

4.2.3 Silastic - Implantate am Trapezium

Die oben dargestellten bisherigen Behandlungsmethoden arthrotischer Veränderungen am Trapezium können nicht voll befriedigen. So führt die Arthrodesese zwar zu Schmerzfreiheit und Bewegungsstabilität, aber auch zu Funktionseinschränkung. Die einfache Trapezium-Resektion führt zwar zur Erhaltung der Beweglichkeit, ist allerdings primär mit einer Kraftreduzierung und sekundär mitunter mit Subluxation des Daumens verbunden (106). Schmerzfreiheit bei gleichzeitig erhaltener Beweglichkeit und Funktionsstabilität des Daumens ist demnach nur zu erreichen, indem man die natürlichen anatomischen Verhältnisse erhält oder wiederherstellt. So entwickelte Swanson und Ashworth-Blatt Silastic-Implantate, die entweder unter weitgehender Erhaltung des Trapeziums nur die veränderte Trapezium-MC I-Gelenkflächen oder das gesamte Trapezium formgetreu ersetzen:

- Arthroplastik mit Silastic-Trapezium-Implantat (Swanson) (20)
- Arthroplastik des Trapezium-MCI-Gelenkes
 - Condylen-Implantat (Swanson) (21)
 - Trapezium-Implantat (Ashworth-Blatt) (24)

4.2.3.1 Trapezium - Silastic - Implantat nach Swanson

● Anwendung:

Das Silastic-Implantat dient als Platzhalter für das entfernte os multangulum maius und ist deshalb im wesentlichen der Form des Knochens nachgebildet. Gegenüber den ersten Prothesen besitzen die neueren Modelle zum Scaphoid hin eine leicht konkave Oberfläche, um den distalen Pol des Kahnbeins besser aufzunehmen (20). Das Implantat hat distal einen intramedullären Zapfen, mit dem es in der Basis des MCI verankert wird. Ein dreieckiger Querschnitt des Zapfens verhindert Rotationstendenzen der P.

● Indikation (20):

- Lokaler Schmerz und fühlbare Krepitationen bei Rotation unter axialer Kompression des Daumens (sog. pos. "Grind-Test").
- Mobilisationseinschränkung des Daumens mit Abnahme der normalen Druck- und Greifkraft.
- Röntgenologisch sichtbare arthrotische Veränderungen in einem oder mehreren Gelenken rund um das Trapezium.
- Steife, instabile oder schmerzhafte Daumengelenke oder Schwannenhalsdeformität.

● Operationstechnik (20, 25, 34, 89, 90, 91):

Der Zugang erfolgt radial parallel zur Sehne des m. extensor pollicis brevis unter Schonung der oberflächlichen Äste des n. radialis. Das Trapezium-MCI-Gelenk wird freigelegt, indem im ersten dorsalen Sehnenfach tiefer gegangen wird. Die Gelenkkapsel wird längs incidiert und proximalwärts geschoben bis man das Scaphoid erreicht. Die Kapsel ist für den späteren Verschuß zu schonen. Außerdem ist auf die a. radialis zu achten, die über das Trapezium verläuft. Das Trapezium wird weiter palmar eingeschnitten und von dem palmaren Bandapparat gelöst. Anschließend reseziert man das Trapezium unter Schonung des palmaren Bandapparates.

Das MCI wird rechtwinklig abgeschnitten unter wesentlicher Beibehaltung des kortikalen oder subchondralen Knochens. In das MCI bohrt man ein Loch, das den P.-Zapfen aufnehmen soll. Die richtige P.-Größe wird ausgewählt und so in das MCI eingeführt, daß die konkave Fläche auf dem dist. Scaphoid-Pol zu sitzen kommt. Vor der endgültigen Implantation ist gegebenenfalls der palmare Kapselbandapparat zu nähen oder mit einem Stück der Sehne des m. flexor carpi radialis zu verstärken. Mit der dorsalen Kapselplastik unter Verwendung der Scaphoidkapsel wird die Operation abgeschlossen. Das Implantat wird schließlich temporär fixiert, um eine ungestörte Festigung des Kapselbandgewebes zuzulassen:

- Naht
- Kirschnerdraht

Die postoperative Immobilisation erfolgt mittels Gipsverband in 40-60° Abduktion zwischen MCI und MCII für ca. 6 Wochen (20, 25).

● Möglichkeiten der Fixierung des Implantates:

Palmare, radiale und dorsale Kapselverstärkung:

Die Verstärkung gelingt am besten mit einem Teil der Sehne des m. flexor carpi radialis. Zu diesem Zweck spaltet man die Sehne auf etwa 7 cm, durchtrennt diesen Teil proximal und schont den Ansatz an der Basis des MCII.

- Das Sehnenstück wird unter der erhaltenen Sehne durchgeführt und kommt in dem durch die Resektion erhaltenen Raum zum Liegen. Weiter führt man sie um das MCI herum, näht sie unterhalb des Ansatzes der m. abduktor pollicis longus-Sehne an und führt sie schließlich über die dorsale Kapsel, wo man sie festnäht. Damit entsteht ein ulnares Kontrollband, das MCI und P. stabilisiert.
- Die Sehne wird proximal der MCI-Basis in den Resektionsraum gebracht und verstärkt so die palmare Seite. Radialseitig wird die Sehne durch die Sehne des m. abductor brevis geführt und verläuft ulnarwärts durch

die Sehne des m. abduktor longus und die Gelenkkapsel. Am Scaphoid wird die Sehne vernäht, nach Kapselverschluß nochmal^s umgeschlagen, um die Verstärkung zu erweitern.

Temporäre Fixierung:

- Naht:

Die P. wird mittels Naht an das Scaphoid geheftet, indem entweder eine Schlinge um die Scaphoidtaille gelegt oder direkt ein Loch in das Scaphoid gebohrt wird.

- Kirschnerdraht:

Er wird zwischen MCI und MCII gelegt, um eine palmare Abduktion, die für die Heilungsphase wichtig ist, zu unterstützen (20, 25, 89, 90 91).

4.2.3.2 Condylen - Implantat (Swanson)

4.2.3.3 Trapezium - Implantat (nach Ashworth-Blatt)

- Anwendung:

Bei isolierter Arthrose des Trapezium-MCI-Gelenks kann die veränderte Gelenkfläche durch eine "Häubchenprothese" ersetzt werden (34, 35). Bei der P. nach Ashworth-Blatt handelt es sich um ein scheibenartiges Gebilde, das mit einem kurzen breiten Stil in das dist. Trapezium eingepaßt wird. Sie dient als Platzhalter oder "Beilagscheibe" (34, 35) zwischen MCI und dem Trapezium. Der Vorteil liegt darin, daß nur eine geringe Resektion der dist. Trapeziumgelenksfläche nötig ist und so die Veränderung in den anatomischen Kapselbeziehungen gering gehalten wird. Außerdem verändert das Implantat den MCI-Knochen nicht wesentlich, so daß bei Fortschreiten der Erkrankung alternative chirurgische Verfahren wie Trapeziumresektion, Trapeziumvollprothese und Condylenimplantat im MCI angewendet werden können.

Eine Alternative zum Ashworth-Blatt-Implantat bietet das Condylen-Implantat nach Swanson. Es dient zur Wiederherstellung konvexer resezierter Gelenkanteile, insbesondere auch des Daumengrundgelenks.

- Indikation:

- Lokalisierter Druckschmerz und fühlbare Crepitatio bei Bewegung
- Abnahme der Kraft und Mobilität des Daumens
- Röntgenologisch gesicherte arthrotische Veränderungen im Daumensattelgelenk und MCII-Grundgelenk
- Instabilität, Versteifung, Schmerz oder Schwanenhalsdeformität

● Kontraindikation:

Kontraindiziert ist die Implantation bei einem Trapezium, das dem Implantat keinen ausreichenden Halt gewährleisten kann, bei arthrotischen Veränderungen außerhalb des Daumensattelgelenks sowie bei jedem Zustand, der die Excision des Trapeziums erfordert (21, 24).

Auf weitere Ausführungen hinsichtlich der OP-Technik wird an dieser Stelle verzichtet, da die in dieser Arbeit untersuchten Patienten lediglich Träger von Trapezium-Vollprothesen waren.

5. Anatomische und mechanische

Eigenschaften der Handwurzel

5.1 ANATOMIE UND MECHANIK

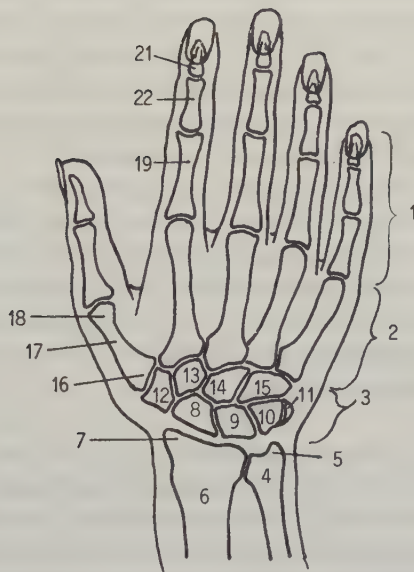
5.1.1 Topographische Anatomie der Handwurzel

Die Hand setzt sich aus acht Knochen zusammen, die in zwei Reihen angeordnet sind. Zur proximalen Handwurzelreihe zählen vier Knochen, nämlich das os scaphoideum, Kahnbein, auf der radialen Seite, das os lunatum, Mondbein, in der Mitte, das os triquetrum, Dreiecksbein, auf der ulnaren Seite, und das os pisiforme, Erbsenbein, welches palmarwärts dem os triquetrum aufgelagert ist. Das Erbsenbein ist als Sesambein in die Ansatzsehne des Musculus flexor carpi ulnaris eingelagert. In der distalen Handwurzelreihe findet man von radial nach ulnar das os trapezium oder os multangulum maius, großer vielwinkliger Knochen, das os trapezoideum oder os multangulum minus, kleines vieleckiges Bein, das os capitatum, Kopfbein sowie das os hamatum, Hakenbein.

Die Handwurzel schließt sich distal dem Unterarm aus Radius und Ulna an und ihr selbst folgen die fünf Mittelhandknochen, ossa metacarpalia I-V.

Die beiden Handwurzelreihen sind als Ganzes in querer Richtung dorsal konvex gekrümmt, während sie palmarseitig ein gehöhlttes Gewölbe bilden. An der Radialseite tragen hierzu vor allem bei das volarwärts gewinkelte os trapezium mit seinem tuberculum und das tuberculum ossis scaphoidei, die beide durch die Haut tastbar sind und als eminentia carpi lateralis imponieren.

Auf der ulnaren Seite wird der Rand der Konkavität durch das os pisiforme und dem hamulus ossis hamati aufgeworfen, eminentia carpi medialis. Die beiden eminentiae sind verbunden durch das retinaculum flexorum, welches solchermaßen den Karpalkanal vervollständigt (7, 38, 40, 57).



aus Frick (40)

- | | | | |
|----|------------------------|----|---------------------------|
| 1 | Ossa digitorum manus | 12 | Os trapezium |
| 2 | Ossa metacarpalia | 13 | Os trapezoideum |
| 3 | Ossa carpi | 14 | Os capitatum |
| 4 | Ulna | 15 | Os hamatum |
| 5 | Proc. styloideus ulnae | 16 | Basis ossis metacarpalis |
| 6 | Radius | 17 | Corpus ossis metacarpalis |
| 7 | Proc. styloideus radii | 18 | Caput ossis metacarpalis |
| 8 | Os scaphoideum | 19 | Phalanx proximalis |
| 9 | Os lunatum | 20 | Phalanx media |
| 10 | Os triquetrum | 21 | Phalanx distalis |
| 11 | Os pisiforme | | |

5.1.2 Handwurzelgelenke

Die Bewegung der Hand erfolgt in mehreren Gelenken. Bei den Hangelenken unterscheidet man demzufolge (38, 40, 57).

- das proximale Handgelenk; *Articulatio radiocarpeae*
 - die Verbindungen der Knochen der proximalen Handwurzelreihe untereinander; *Articulationes intercarpeae*
 - das distale Handgelenk; *Articulatio mediocarpeae*
 - die Verbindungen der distalen Handwurzelreihe untereinander; *Articulationes intercarpeae*
 - die Handwurzel-Mittelhand-Gelenke; *Articulationes carpometacarpeae*
 - die Gelenke zwischen den Basen der Mittelhandknochen; *Articulationes intermetacarpeae*
- Die Gelenkpfanne des proximalen Handgelenkes ergibt sich aus dem distalen Radiusende und dem sich ulnar anschließenden *discus articularis* (43). Dieser steht ein erheblich größerer und stärker gekrümmter Gelenkkopf gegenüber, der sich aus den proximalen Flächen des Scaphoids, des Lunatums und des Triquetrum zusammensetzt (7, 38). Die drei genannten Handwurzelknochen stehen durch Zwischenknochenbänder miteinander in Verbindung. Die Gelenkfläche steht nicht senkrecht zur Radiusachse, sondern steht etwas verkippt und zwar radial- und dorsalwärts distaler als ulnar-palmarwärts (38, 86).
- Das gesamte Gelenk umgibt eine weite Gelenkkapsel, welche jeweils an der Knorpel-Knochengrenze der am Gelenk beteiligten knöchernen Anteile entspringt (7, 38). Die so gebildete Gelenkhöhle kommuniziert häufig mit dem Erbsenbeingelenk, distalem Radioulnargelenk sowie dem distalen Handgelenk (7, 38).
- Das Scaphoid, das Lunatum und das Triquetrum sind proximalwärts durch Zwischenknochenbänder aneinander fixiert (38). Nach dorsal und volar werden die Gelenkhöhlen von einfachen Gelenkkapseln abgeschlossen, während eine freie Kommunikation zum distalen Handgelenk besteht.
- Die Gelenkspalte des distalen Handgelenkes ist s-förmig gekrümmt (7). Die proximal gelegene erste Handwurzelreihe ist derart gestaltet, daß radial einer Konvexität des Scaphoids eine ausgeprägte Konkavität bestehend aus Scaphoid, Lunatum und Teilen des Triquetrum folgt, ehe sich am äußersten ulnaren Abschnitt

des Triquetrum wieder einer konvexen Fläche zuwenden (38). Die distale Gelenkfläche wird gebildet von der distalen Handwurzelreihe und entspricht im wesentlichen einer der proximalen Fläche entgegengesetzten Krümmung. An der radialseitigen Konkavität beteiligen sich Trapezium und Trapezoideum. Ihnen folgt, weit in die proximale Gelenkhöhle reichend, das Capitatum, welches zusammen mit einem Teil des Hamatums den konvexen Gelenkabschnitt des distalen Gelenkanteiles bildet. Letztlich schwenkt das Hamatum um in eine konkave Krümmung (38).

- Die distale Handwurzelreihe ist untereinander einer starken Fixierung durch Zwischenknochenbänder ausgesetzt, so daß nur geringste, unbedeutende Bewegungen möglich sind. Über die Gelenkspalte stehen die Handwurzelknochen der distalen Reihe mit dem distalen Handgelenk und den articulationes intermetacarpeae in Verbindung. Lediglich zwischen Capitatum und Hamatum ist das Zwischenknochenband derart gestaltet, daß daraus ein vollständiger Verschluß der Gelenkspalte resultiert.

- Entsprechend ihres Freiheitsgrades werden die articulationes carpometacarpeae als Amphiarthrosen bezeichnet (7, 38, 40, 57, 79). In der Tat sind insbesondere die Metacarpalia II und III fest an die distale Handwurzelreihe gebunden. So zeigt sich am proximalen Ende des MC II eine Nut, in die das Trapezoideum eingreift, und das MC III legt sich mit dem Processus styloideus in die Fuge zwischen Trapezoideum und Capitatum (79). Der vierte und noch mehr der fünfte Metacarpalknochen lassen geringe bis deutliche Wackelbewegungen zu. Die MC II-V sind mit der distalen Handwurzelreihe durch eine gemeinsame Gelenkkapsel verbunden, während das articulatio carpometacarpeae I stets gesondert ist. Nach Fick (38) ist die Gelenkspalte II-V gelegentlich durch ein ligamentum carpometacarpeum interosseum so unterbrochen, daß es mit der radialen Ecke des MC IV die radiale Spalte nach ulnar begrenzt. Beim Carpometacarpalgelenk I artikuliert das MC I mit dem Trapezium. Es handelt sich hier um ein Sattelgelenk. Das Gelenk ist von allen anderen im Handwurzelbereich vorkommenden Gelenkhöhlen getrennt.

- Bei den articulationes intermetacarpeae II-V handelt es sich wieder um Amphiarthrosen. Zwischen den Basen der Metacarpalia IV und V sind Wackelbewegungen möglich. Die Metacarpalia sind distal des Gelenkspaltes durch ligamenta intermetacarpalia interosseae fest miteinander verknüpft.

5.1.3 Bänder der Handwurzel

Die Mechanik der Handgelenke wird stark beeinflusst von einem komplizierten Bandapparat, der die Knochenanteile verbindet, die Gelenkkapseln verstärkt und wesentlich zur Festigkeit der Handwurzel beiträgt.

Von Radius und Ulna geht je ein Seitenband, *ligamentum collaterale radiale* aut *ulnare*, aus, welches am Kahnbein bzw. Dreieck- und Erbsenbein ansetzt. Die Seitenbänder hemmen Radial- und Ulnarabduktion (7, 38, 40, 57).

Der Radius besitzt mit den *ligamenta radiocarpea palmare et dorsale* die stärksten Bandverbindungen (7), wobei die palmaren Bandsysteme wesentlich kräftiger als die dorsalen sind (43, 59).

Das palmare Band unterhält Faserzüge zu *Triquetrum*, *Capitulum*, *Lunatum* und *Scaphoideum* in radiärer Anordnung (96), sowie bogenförmig zur Ulna (38). Für die Funktion und gleichzeitig die Stabilität des Scaphoids ist von Bedeutung das *ligamentum naviculatum interosseum*, das *ligamentum radio-navi-lunatum*, das *ligamentum collaterale radiale*, das *ligamentum navi-capitulum volare* sowie die volar und dorsal die Gelenkkapsel des Scaphoid-Trapezium-Trapezoid-Gelenks verstärkenden Bänder (96).

Das dorsale Band verläuft zum *os triquetrum*, schwache Fasern ziehen zum Mond- und Kahnbein (7, 38, 57).

Ungleich schwächere Bänder finden ihren Ursprung an der Ulna als *Ligamentum ulnacarpeum palmare* (38, 40). Sie laufen teils zum Mondbein, teils zum Dreieck- und Kopfbein. Fasern, welche zur Speiche laufen und sich dort mit dem *ligamentum radiocarpeum palmare* verbinden, werden von einigen Autoren als *ligamentum arcuatum volare* (57), ob ihres bogenförmigen Verlaufs, bezeichnet. Sie umfassen *Lunatum* und *Capitulum*.

Die bezeichneten Bänder schränken Radial-, Ulnarabduktion und die Flexionsbewegungen der Hand ein (59). Außerdem übertragen die *ligamenta radiocarpes palmare et dorsale* Pronations- und Supinationsbewegungen des Unterarms auf die Hand (38).

Als zentrale Sammelstelle für Bänder seiner Nachbarknochen dient das *os capitulum* (116). Mit Ausnahme des *Lunatums* schicken auf der palmaren Seite sämtliche Handwurzelknochen Faserzüge sternförmig als *ligamentum carpi radiatum* dorthin (7, 38, 40, 57).

Von Taleisnik (96) werden die Bandanteile, die von proximal medial oder lateral ihren Ursprung nehmen und zum *Capitulum* hin konvergieren, als "V" oder Deltoid-Bänder zusammengefaßt (96).

Ansonsten gibt es unter den Handwurzelknochen Verbindungen in Form von *ligamenta intercarpea palmaria, dorsalia und interossea*, die jeweils benachbarte

Knochen miteinander verknüpfen.

Namentlich für das Mondbein, das ja nicht in der Verband des ligamentum carpi radiatum mit einbezogen ist (40, 57), sind Bandverbindungen zwischen Kahn-Mondbein (38), Triquetrum-Mondbein sowie Kahn-Dreieckbein sowohl auf der dorsalen als auch auf der palmaren Seite zur Sicherung wichtig (38).

Auf der dorsalen Seite ist noch ein bogenförmiges Band zu nennen, welches vom Triquetrum zum Scaphoid verläuft und infolge seines Verlaufes verhindert, daß der Capitatum-Hamatum-Block bei Palmarbewegungen nach dorsal herausgleitet (7, 38): ligamentum intercarpea dorsale = ligamentum arcuatum carpi dorsale (57).

Das Triquetrum gleicht der Nabe eines Rades, denn sternförmig konvergieren dort Bänder von Lunatum, Ulna, Capitatum (96).

Die Amphiarthrosen der Handwurzel-Mittelhandgelenke finden ihre Festigkeit durch das Vorhandensein sogenannter ligamenta carpometacarpeae. Die ligamenta metacarpeae palmaria, dorsalia et interossea sowie das ligamentum metacarpeum transversum profundum verhindern ein Auseinandergleiten der Metacarpalknochen (7, 40, 79).

Neben dem eben beschriebenen Bandapparat sind verschiedene andere Funktionen wie Sehnen, die sich im Augenblick der Krafteinwirkung anspannen (52, 104), Sehnenscheiden, Muskelzüge, Faszien und die Architektur der knöchernen Bestandteile an der Festigkeit der Hand beteiligt.

5.1.4 Handwurzelmechanik

Bei den Bewegungen des Handgelenks sind zu unterscheiden (7, 38, 40, 57):

- Flexionen = bestehend aus Palmar- und Dorsalflexion
- Abduktionen = bestehend aus Radial- und Ulnarabduktion

Diese Bewegungen beruhen jedoch nicht nur einfach auf Veränderungen in den beiden Handgelenken, articulatio radiocarpea und articulatio mediocarpea, sondern in einem überaus komplexen Spiel von Entfernungen, Annäherungen, Neigungen und Kippbewegungen der einzelnen Carpalknochen untereinander. Bemerkenswert ist vor allem das mechanische Verhalten der von Kauer als "intercalated bones" (49) bezeichneten Scaphoideum und Lunatum, die die Handwurzelgelenke zu einer funktionellen Einheit zusammenschließen.

● Flexionen:

Nach Gilford ist das Handgelenk einem Kettengelenk vergleichbar und setzt sich aus drei längs verlaufenden Artikulationsketten zusammen (49). Die Verbindung

Capitatum - Lunatum - Radius stellt hierbei eine zentrale Achse dar (49, 116). Ihr sind voneinander unabhängige Bewegungen im Mediocarpal- und im Radiocarpalgelenk zueigen. Als Vorteil dieser Gliederkette ist die Gesamtbewegung sinnvoll aufgeteilt in die zwei Handgelenke, so daß pro Gelenk geringere Strecken zurückgelegt werden müssen. Nachteilig müßte sich bei völlig beziehungslosen Einzelbewegungen auswirken, daß das Lunatum wahllos vor- und zurückkippt ohne effektives Bogenmaß im Gesamtgelenkkomplex (49). Diese Art von Manövrierunfähigkeit des Handgelenks wird durch folgende -wenn man so sagen darf- "Tricks" verhindert.

Kauer bezeichnet das Lunatum und das Scaphoid als "intercalated bones" (49). Seinen Untersuchungen zufolge zeigt das Lunatum die Form eines in volar-dorsaler Richtung liegenden Keiles (49, 62). Damit besitzt das Lunatum die Tendenz, unabhängig von radiocarpaler Bewegung, rückwärtig zu rotieren. Damit erhält die Kette Funktionsfestigkeit und außerdem benötigt das Lunatum eine Befestigung lediglich in einer, nämlich palmaren Richtung. Deshalb findet sich an der Dorsalseite der Handwurzel ein weit schwächerer Bandapparat als an der Palmarseite (7, 38, 57), vgl. "Bänder der Handwurzel" (5.1.3).

Auch das Scaphoid besitzt zumindest im proximalen Abschnitt eine keilförmige Gestalt in volar-dorsaler Richtung. Damit ähnelt es in seiner keilartigen Konfiguration dem Lunatum und beansprucht demnach dieselbe Rotationstendenz. Der distale Pol des Scaphoids steht allerdings in Verbindung mit dem Trapezium-Trapezoid-Komplex, so daß es in seiner Rotationstendenz eine jähe Einschränkung erfährt. So kippt das Scaphoid bei Palmarflexion nach palmar entgegen seiner keilförmigen Gestalt. Bei der Dorsalflexion rotiert es gemäß seiner keilförmigen Gestalt nach rückwärts und richtet sich dabei auf, jedoch wieder nur im Rahmen des Trapezium-Trapezoideum-Komplex. Der Trapezium-Trapezoid-Kopf beherrscht über die Einwirkung auf das Scaphoid hinaus auch das Lunatum, da die beiden Carpalknochen, wie ich im folgenden ausführe werde, miteinander in Verbindung stehen. Die beiden "intercalated bones" nach Kauer sind, wie man im Kapitel über die "Bänder der Handwurzel" (5.1.3) nachlesen kann, durch ein Zwischenknochenband miteinander verknüpft. Dies ist proximal angebracht und zeichnet sich in den palmaren und dorsalen Anteilen durch eine unterschiedliche Beschaffenheit aus. Die dorsalen Fasern sind kräftiger und kürzer als die volaren, so daß die letzteren den Bewegungsaufgaben auf der palmaren Seite in proximo-distaler Richtung genügen können (49). So bewegen sich die beiden Knochen wie zwei exzentrisch miteinander verbundene Körper, die sich um eine gemeinsame dorsal gelegene Achse drehen, während ihre palmaren Anteile eine begrenzte Bewegung in Längsrichtung und damit voneinander fort erlauben (116).

Beide Knochen zeigen in Bewegung zwar gleiches Richtungsverhalten, jedoch bestehen Unterschiede in der Winkelgeschwindigkeit. Mit anderen Worten, das Scaphoid rotiert im Vergleich zum Lunatum bei allen Bewegungen "schneller". Die Ursache liegt in dem gegenüber dem Lunatum kleineren Krümmungsradius der proximalen Gelenkfläche des Scaphoids (49).

Entscheidend für die unterschiedlich große oder schnelle und gleichzeitig gleichsinnige Bewegung von Lunatum und Scaphoid sind demnach erstens das Ligamentum interosseum navi-lunatum und zweitens die Krümmungsradien der proximalen Gelenkflächen (49, 104).

Faßt man die eben beschriebenen Einzelbewegungen zu einer Funktionseinheit zusammen, so kann man anhand von Röntgenaufnahmen bei der Bewegung der Handwurzel von maximaler Dorsalflexion zu maximaler Palmarflexion folgende Konstellationsänderungen der einzelnen Bewegungssegmente beobachten:

- eine gleichsinnige Palmarrotation von Scaphoid und Lunatum
- eine Verschiebung des Scaphoids nach proximal in Bezug auf das Lunatum
- eine Verschiebung des Scaphoids nach proximal in Bezug auf das Capitatum
- eine Verschiebung des Scaphoids nach dorsal in Bezug auf den Trapezium-Trapezoid-Komplex (49).

Nach Untersuchungen von Sarrafian (83) ist das Radiocarpalgelenk mit 66,5 % an der Dorsalflexion beteiligt, während sich für die Palmarflexion hauptsächlich das Intercarpalgelenk mit 60 % verantwortlich zeichnet. Diese Verteilung ist bei den einzelnen Autoren sehr umstritten, so z.B. warten ältere Autoren wie Fick und Lanz mit umgekehrtem Zahlenmaterial auf (38, 57).

Zu den Bewegungen der Carpi Caputatum, Scaphoid, Lunatum ist zu bemerken, daß bei der Palmarflexion, nimmt man den Radius als Bezugspunkt, zwar alle nach palmar und bei der Dorsalflexion alle nach dorsal kippen, aber mit unterschiedlichen Akzenten. So besteht bei der Palmarflexion ein starkes Ausmaß der Bewegung zwischen Scaphoid und Caputatum und ein geringes zwischen Scaphoid und Lunatum. Bei der Dorsalflexion ist das Bewegungsausmaß zwischen Scaphoid und Lunatum stärker als zwischen Scaphoid und Caputatum. Aus dieser Beobachtung heraus rechnet man das Scaphoid bei der Palmarflexion funktionell zur proximalen Handwurzelreihe und bei der Dorsalflexion zur distalen Reihe (62, 83).

Eine ausführliche Bewertung und Diskussion des Bewegungsverhaltens der Handwurzelknochen erfolgt anhand der in dieser Arbeit angefertigten funktionellen Röntgen-Aufnahmen in den Kapiteln 8.1.1.2, 8.1.1.3 und 9.1.1.

● Abduktionen:

Ähnlich der Flexionen spielen auch bei den Abduktionsbewegungen Lunatum und vor allem Scaphoid eine wichtige Rolle.

Bei Radialabduktionen der Hand bewegt sich die proximale Handwurzelreihe ulnarwärts, und zwar um eine Achse, die sagittal durch den Kopf des Capitatum führt (119), während sich die distale Reihe radial verlagert (104). Um eine sinnvolle Radialabduktion zu erreichen, müssen sich Trapezium und der processus styloideus radii näher kommen (104). Dies gelingt durch eine palmare Verkipfung des Scaphoids, das damit an Höhe verliert und den Abstand Trapezium-Processus styloideus radii verringert (7, 49, 86, 119). In gleicher Weise, aber in geringerem Ausmaß verändern Lunatum und Triquetrum ihre Positionen. Bei Ulnarabduktion richtet sich umgekehrt das Scaphoid wieder auf, um ein Klaffen von Trapezium und processus styloideus radii zu verhindern (7).

So werden durch Kipp- und Verschiebewegungen auf kleinstem Raum gewaltige Gesamtbewegungen gewährleistet, welche bei starrer proximaler Handwurzelreihe nur unter weitem Verschieben der Reihe nach ulnar möglich wären (7). Das ulnare und radiale Band müßten extrem locker und die Gelenkkapsel extrem weit sein, um so eine Verschiebung zuzulassen. Darunter würde zweifelsohne die Stabilität und Festigkeit der Hand leiden und wäre -um den Gedanken zu Ende zu führen- den täglich gewohnten Ansprüchen nicht gewachsen.

Die soeben beschriebenen Mechanismen machen einerseits deutlich, wie komplex und von der Natur überaus zweckmäßig konstruiert eine einfache Handbewegung vor sich geht, und andererseits veranschaulichen sie die Besonderheit des os scaphoideums. In seiner Position tritt es sowohl in Kontakt zu Capitatum, Trapezium, Trapezoideum als auch zu Lunatum und Radius. Damit schlägt es eine Brücke zwischen proximaler und distaler Handwurzelreihe, verdient damit mit Recht die von Linscheid geschaffene Bezeichnung "connecting rod" (59) oder Verbindungsstange. Es handelt sich aber um keine starre sondern um eine dynamische Verbindung. Durch seine ausgeprägten Rotationsbewegungen ist es maßgebend beteiligt an den Bewegungsausschlägen des Handgelenkes, und wegen seiner Keilform palmodorsal einerseits und radioulnar andererseits spielt es eine bedeutende Rolle in der Stabilisierung der Handwurzel!

● Bewegungen im Daumensattelgelenk:

Das Trapezium ist Teil der distalen Handwurzelreihe. Es besitzt Gelenkflächen zum MC I, zum MC II, zum Trapezoideum und zum Scaphoideum. Besonders bemerkenswert ist die Artikulation mit dem MC I, das Trapeziometacarpalgelenk. Infolge

seiner bikonkaven Gelenkfläche wird es als Sattelgelenk bezeichnet, das drei Bewegungsmuster zuläßt: Oppositions- und Retropositionsbewegung, Adduktion und Abduktion sowie Circumduktion. Diese Bewegungsmöglichkeiten erfahren eine Verstärkung durch das Trapezium-Scaphoideum-Gelenk. Der Daumen ist für die Funktion der Hand ausserordentlich wichtig, mit den Möglichkeiten des Spitzgriffes, des Greifens, des Kneifens und des kräftigen Zupackens ermöglicht er erst die Biomechanik der Hand im Hinblick auf die alltäglichen, für den Gesunden selbstverständlichen, Bewegungsanforderungen.

In den Interphalangealgelenken ist lediglich Flexion und Extension möglich, so daß deutlich wird, die wesentlichen Bewegungen wie Opposition und Abduktion beruhen auf einem gesunden funktionstüchtigen Trapezium (79).

5.2 CARPALINSTABILITÄTEN

Mit dem Namen Gilford ist nicht nur -wie in einem früheren Kapitel beschrieben- die Biomechanik des Handgelenkes verbunden, sondern auch Carpal-Instabilitäten. Sehr früh erkannte er die Bedeutung des Scaphoids und bezeichnete es als "connecting rod", indem es proximale und distale Handwurzelreihe miteinander verbindet (59). Er formulierte, daß eine Fraktur des Scaphoids dessen stabilisierende Wirkung aufheben würde. Fisk nannte diese Art der Instabilität "concertina effekt", andere Autoren Subluxion des Scaphoids oder Rotationssubluxation des Scaphoids.

Im Jahre 1972 befaßte sich dann Linscheid (59) näher mit Carpal-Instabilitäten und suchte nach radiologisch faßbaren diagnostischen Wegweisern. Sehr ausführlich suchte Taleisnik 1980 eine Klassifikation der Carpal-Instabilitäten zu finden (96):

Taleisnik griff eine Idee Navarros auf, der die Karpalknochen in drei vertikale Reihen aufgeteilt sah. Nach Verfeinerung dieser Theorie ergaben sich drei Bewegungssegmente, mit denen er eine Klassifikation der Instabilitäten zu bewerkstelligen suchte (96).

Die zentrale oder Flexions-Extensions-Säule besteht aus Lunatum und der distalen Handwurzelreihe, den lateralen oder beweglichen Anteil bildet das Scaphoid und die mediale Säule entspricht dem Triquetrum (96).

Den Zusammenhalt dieser Säulen sichern verschiedene Bänder. Eminent wichtig für das Verständnis von Carpal-Instabilitäten ist die Kenntnis dieser Bandsysteme. Deshalb sei hier, über das Kapitel Bänder des Handgelenkes hinaus, noch einmal auf die wichtigsten Bänder hingewiesen, die die verschiedenartigen Carpal-Instabilitäten bedingen.

Die zentrale Säule bildet mit dem Radius eine dreigliedrige Kette, die an zwei V-förmigen Bändersystemen verankert ist. Das distale der beiden Systeme entspringt dem Scaphoid, dem Radius und dem Triquetrum und führt zum Capitulum (ligamentum radiocapitatum und V- oder Deltoid-Bänder). Im proximalen System bindet Radius bzw. Ulna mit Lunatum. Dem "intercalated" Segment entspricht bei Taleisnik allein das Scaphoid. Es wird in seiner Stellung gehalten von dem ligamenta radioscaploidlunatum und interossea lunatoscaploideum sowie vom ligamentum radiocollaterale und V- oder Deltoid-Ligament. Zum Trapezium und zum Trapezoideum steht das Scaphoid einmal über die Gelenkkapsel des STT-Gelenkes in Verbindung, die bekanntermaßen wenig Halt verspricht, so daß Verstärkungsbänder in diese Stabilitätslücke springen und zwar lateral, dorsal und volar. Palmarseitig liegt das Scaphoid auf dem ligamentum radiocapitatum, um das es sich

bei Flexion und Abduktion wälzt.

Das Triquetrum gleicht der Nabe eines Rades, denn sternförmig konvergieren dort Bänder von Lunatum, Ulna und Capitatum.

Es artikuliert mit dem os hamatum und vollzieht rotatorische Bewegungsaufgaben (96).

Carpal-Instabilität kann im Anschluß an Riß, Überdehnung oder Lockerung der Zwischenkarpalbänder auftreten. Dabei kommt es zu einer Dissoziation der oben beschriebenen Säulen oder des Radiocarpal-Komplexes.

Taleisnik (96) unterscheidet demnach vier mögliche Orte von Dissoziationserignissen:

- lateral - zwischen Scaphoid und der zentralen Säule
- zentral - innerhalb der zentralen Säule
- medial - zwischen Triquetrum und der zentralen Säule
- proximal - zwischen Radius und Carpus

Daraus resultieren vier Arten von Instabilitäten:

- Laterale Carpal-Instabilität
 - STT - Dissoziation
 - Scaphoideum-Capitatum-Diastase
 - SL - Dissoziation
- Zentrale Carpal-Instabilität
- Mediale Carpal-Instabilität
- Proximale Carpal-Instabilität
 - Ulnare Translokation
 - Dorsale Subluxation
 - Volare Subluxation (96).

5.2.1 Laterale Carpalinstabilitäten

● STT - Dissoziation

Diese Dissoziation zwischen Scaphoid, Trapezium und Trapezoid ist durch eine Vergrößerung des Gelenkspalts zwischen den drei Carpalknochen gekennzeichnet. Diese Art von Instabilität ereignet sich überaus selten. Taleisnik beschreibt einen Fall, in welchem eine Subluxation des STT-Gelenkes in Längsrichtung für eine STT-Dissoziation verantwortlich war. Als Behandlung führte man eine Raffung der STT-Gelenkkapsel durch (96).

● Scaphoideum-Capitatum-Diastase

Nach Lösch zeigen die ersten Anlagen der Carpalia in der Embryonalzeit des Menschen anstelle des späteren os scaphoideum zwei als os centrale ulnare distale und os centrale radiale distale bezeichnete Konchenstrukturen (62). Aus den beiden genannten Teilen entsteht später das os scaphoideum. Bisweilen kommt es allerdings vor, daß diese Verschmelzung und Umwandlung einen unvollständigen oder anderen Verlauf nimmt. So kann man beobachten, daß das os centrale ulnare distale erhalten bleibt und zwischen Kahn- und Kopfbein artikuliert. Eine andere Möglichkeit besteht im Fortbestehen des os centrale ulnare distale als Synovialfalte (38) zwischen Trapezoid, Capitatum und Scaphoid oder als derbes Zwischenknochenband, welches sich zwischen Kahn- und Kopfbein ausspannt (38, 96). Die beiden letztgenannten Varietäten können eine Bandruptur vortäuschen, da radiologisch ein breiter Gelenkspalt zwischen Kopf- und Kahnbein imponiert (96). Seitenvergleich führt letztlich zu einer Differenzierung zwischen Diastase und Peristieren des os centrale ulnare distale in einer der oben angegebenen Weichteilform (96).

● SL - Dissoziation

= Scapholunäre Dissoziation, Rotationssubluxation des Scaphoids. Zu einer SL-Dissoziation kann es bei allen Gelegenheiten kommen, in denen eine Verletzung der Bandstrukturen des proximalen Poles des Scaphoids resultiert. Hierbei muß man denken an die Zerstörung des tiefen ligamentum radioscaphoidlunatum, des ligamentum interosseus scapholunatum (43) und des volaren ligamentum radiocapitatum, wo das Scaphoid aufliegt (59, 96).

Ursachen sind direkte traumatische oder entzündliche Einwirkungen, sowie jede Art von Carpal-Dislokation, so lunäre und perilunäre Dislokationen (97).

Traumatisch entsteht eine Subluxation mit isoliertem Riß des ligamentum scapholunatum beim Fallen mit gestrecktem Arm auf die Hand, wobei eine überdimensionale Dorsalflexions- und Ulnarabduktionsbewegung vollzogen wird (41, 52, 75).

Riß von mehreren der zuvor genannten Bandstrukturen erlaubt dem proximalen Pol des Scaphoids, nach dorsal herauszugleiten, das Scaphoid kippt nach volar (43), so daß die Achse des Scaphoids nahezu senkrecht zum Radius steht. Das Lunatum rotiert, ob seiner gelösten Bindung zum Scaphoid und seiner Keilform, entgegengesetzt zum Kahnbein in dorsaler Richtung. Diese Situation beschreibt Linscheid und Dobyns als DISI (59). Linscheid betrachtet das Lunatum als "intercalated bone" und, wenn dieses nach dorsal gekippt ist, bezeichnet er diese Konstellation als DISI = dorsiflexed intercalated segment instability.

Scaphoid, Lunatum und Capitatum verlieren also ihren natürlichen Zusammenhang, es resultiert eine Zig-Zag-Deformität, "collaps in a zig-zag-fashion", und bewegen sich nicht mehr in der gewohnt normalen Abstimmung zu- und miteinander (43, 59).

Als radiologische Kennzeichen für die SL-Dissoziation findet man in der Literatur:

Rö:

- Gelenkspalt Scaphoid-Lunatum größer als 2 mm (52, 59, 97); bei Gilula erst ab 4 mm, von 2 bis 4 mm ist der SL-Ligament Komplex als abnorm zu bewerten, aber der Patient muß keine Beschwerden haben (43). Normalerweise ist der Gelenkspalt ebenso groß wie zwischen den übrigen Knochen und bleibt gleich unter Radial- und Ulnarabduktion (52, 59).
 - Das Kahnbein ist verkürzt und seine Höhe vermindert in anteroposteriorer Aufnahme (97).
 - Es erscheint ein ringartiger Schatten am Kahnbein als Folge der axialen Projektion der Corticalis in A.P. (52).
 - Horizontale Lage des Scaphoids, der SL-Winkel ist größer als 70° (Linscheid) (59, 97). Gilula: SL-Winkel größer als 80°, Winkel von 60° bis 80° sind der Symptomatologie des Patienten entsprechend als normal oder krankhaft zu bezeichnen (43).
- Beurteilung in seitlicher Aufnahme.
- Lunatum und Scaphoid bewegen sich in entgegengesetzter Richtung und nicht synchron zueinander in seitlicher Aufnahme.
 - Lunatum rotiert dorsal in seitlicher Aufnahme.
 - Capitatum und Lunatum bewegen sich in entgegengesetzter Richtung in seitlicher Richtung.

5.2.2 Zentrale Carpalinstabilitäten

Hierbei ereignet sich eine Kontaktstörung innerhalb der zentralen Gliederkette. Das Lunatum verliert an Halt und rotiert -gemäß seiner Keilform- nach dorsal. Im Gegensatz zur SL-Dissoziation rotiert das Scaphoid ebenfalls dorsal, da die Verbindung zwischen Lunatum und Scaphoid intakt ist. Auch dies ist eine Form von DISI, da ja definitionsgemäß das Lunatum nach dorsal rotiert (59). Folge der Dorsalbeugung des Lunatum ist eine Subluxation des Caputatum nach dorsal, so daß es aus der coaxialen Radius-Capitatum-Linie ausschlägt. Der Stabilitätsverlust des Lunatum ist zu ergründen in einem Riß des palmaren

ligamentum radiolunatum und dorsaler Intercarpalbänder.

RÖ:

- Lunatum rotiert dorsal in seitlicher Aufnahme (43, 59).
- Scaphoid rotiert ebenfalls dorsal in seitlicher Aufnahme (43, 59).
- Subluxation des Capitatum mit der Folge, daß es sich aus der coaxialen Stellung zum Radius nach dorsal verlagert. Seitliche Aufnahme (43, 59).

5.2.3 Mediale Carpalinstabilitäten

Bei dieser Instabilität findet man das Lunatum und im Gefolge das Scaphoid palmarrotiert (43). Das Capitatum ist nach palmar subluxiert. Linscheid bezeichnet diese Situation als PISI (59). Wie bei DISI gründet sich diese Nomenklatur auf die Veränderung des Lunatums; in diesem Fall handelt es sich um eine Palmarrotation des Lunatums, also PISI = palmarflexed intercalated segment instability. Scaphoid, Lunatum und Capitatum verlieren ihren natürlichen Zusammenhang, so daß wie im Falle von DISI eine zig-zag-Deformität resultiert (43, 59), allerdings, wenn man so will, mit umgekehrtem Vorzeichen.

Während Gilula erklärt, daß volare Kapsel und Bänder um das Lunatocapitatum-Gelenk gerissen sein müssen oder congenitale oder posttraumatische Überdehnung oder Lockerung stattgefunden haben muß (43), diskutiert Taleisnik als Ursache von PISI im Einklang mit verschiedenen Autoren eine Verletzung des volaren Lunatum-Triquetrum-Bandes und der Zwischenknochenbänder (59, 96).

RÖ:

- Lunatum rotiert palmar in seitlicher Aufnahme (59).
- Der Capitatum-Lunatum-Winkel ist größer als 30° (43).
- Der Scaphoideum-Lunatum-Winkel ist kleiner als 30° in seitlicher Aufnahmetechnik (43).
- Palmarsubluxation des Capitatum in seitlicher Aufnahme (59).
- Keine SL-Dissoziation. Das Scaphoid wirkt in A.P.-Aufnahme oft verkürzt, es liegt jedoch kein erweiterter Gelenkspalt zwischen Scaphoid und Lunatum vor.

5.2.4 Proximale Carpalinstabilitäten

Dabei wird die Handwurzel als Ganzes betrachtet, das lediglich in den Radiocarpalbändern eine Verletzung erfuhr. Man unterscheidet eine Verlagerung der Handwurzel nach ulnar (ulnare Translokation) von einer Wanderung nach volar

(volare Subluxation) und nach dorsal (dorsale Subluxation) in Bezug auf die Radiusgelenkfläche (43, 96).

● Ulnare Translokation:

Eine isolierte ulnare Translokation findet man sehr selten im Gefolge einer traumatischen Verletzung (96). Wesentlich häufiger ist die Ursache eine chronische Polyarthrititis mit den Folgen von Radiusgelenkflächenveränderungen im Sinne einer ulnaren Neigung und Verlust von ulnarer Stabilität, sowie mit den Folgen von Bandschwächungen (96). Die palmaren und dorsalen Radiocarpalbänder ziehen schräg vom Radius zu den Carpi und verhindern mit diesem Richtungsverlauf ein Ulnardriften der proximalen Karpalreihe. Bei Schwächung oder Riß dieser Bänder erfolgt ein ulnares Abgleiten des proximalen Carpusanteils. Eine Ursache iatrogenen Natur ist die distale Ulna-Excision (96).

All diese Fälle führen zu einem Verrutschen oder Gleiten des Lunatums ulnawärts. Das Scaphoid wandert entweder mit und hinterläßt einen großen Radius-Scaphoid-Abstand oder es bleibt an seinem Platz, was jedoch auf Kosten der Kommunikation mit dem Lunatum geht; es folgt eine SL-Dissoziation (96).

RÖ:

- Kluft zwischen processus styloideus radii und der lateralen Scaphoid-Grenze im A.P.-Bild (43).
- Oder wenn sich die Mitte des Scaphoids nicht über der radialen Hälfte der distalen Radiusgelenkfläche zentriert in A.P.-Aufnahmen (43).
- Oder wenn mindestens 50 % des Lunatums medial vom ulnaren Rand der Radiusgelenkfläche liegen in A.P. (43).
- Oder wenn das Trapezium in A.P.-Aufnahme an den processus styloideus radii angrenzt (43).

● Dorsale Subluxation:

= dorsale Carpal-Translokation

Eine dorsale Subluxation des Carpus ist gewöhnlich die Folge von Radiusfrakturen, bei denen eine Zerstörung oder Veränderung der Radiusgelenkfläche dahingehend erfolgt, daß der dorsale Gelenkrand abbricht (43, 96). Damit ergibt sich für den Carpus die Möglichkeit, nach dorsal abzugleiten.

RÖ:

- Das Lunatum zentriert nicht mehr über dem Radius in seitlicher Aufnahme (43).

- **Palmare Subluxation:**

= **palmare Carpal-Translokation**

Die Ursache der palmaren Subluxation des Carpus ist, wie bei der dorsalen Subluxation, ein Verlust der radiocarpalen Verbindung. Solch einen Verlust findet man bei einer Zerstörung oder Veränderung der Radiusgelenkfläche, die dem Carpus als Halterung dient, z.B. bei Barton - Frakturen oder bei der ungewöhnlichen Frakturierung der volaren Radiusgelenkflächenkante (96).

Diese Art von Instabilität ereignet sich äußerst selten und wird deshalb bei Gilula als theoretische Möglichkeit abgehandelt (43).

RÖ:

- Das Lunatum zentriert nicht mehr über dem Radius in seitlicher Aufnahme.

6. Versuchsaufbau und Messtechnik

6.1 VERSUCHSAUFBAU

6.1.1 Instabilitätsserien

Ziel dieser Studie ist es, die vielfältigen und vielseitigen Bewegungen des Handgelenks quantitativ anhand von Winkel und Winkelbewegungen zu bewerten und das dreidimensionale Bewegungsmuster des Handgelenks nachmeßbar, nachvollziehbar und vergleichbar in den Griff zu bekommen. Dabei eignet sich besonders die Anfertigung von Instabilitätsserien:

Instabilitätsserien werden angefertigt, um die Karpalknochen zu begutachten, wie sie sich bei extremer Palmar- oder Dorsalflexion, sowie Radial- und Ulnarabduktion verhalten (43).

Nach Zerreißen von Ligamenten verlieren die Carpalknochen ihre normale Beziehungen untereinander mit der Folge eingeschränkter Bewegungsmöglichkeiten.

Diese Veränderungen kann man anhand von Instabilitätsserien erschließen.

Bei den untersuchten Personen wurde das Handgelenk röntgenologisch in Neutralposition, maximaler Palmar- und Dorsalflexion sowie in maximaler Ulnar- und Radialabduktion festgehalten.

Dabei waren nicht nur die Bewegungen in den beiden Handgelenken -proximales und distales- von Interesse, sondern in ganz besonderem Maße auch das Verhalten der Karpalknochen Scaphoid, Lunatum und Capitatum, bzw. deren prothetischer Ersatz untereinander.

Wir hofften vor allem dadurch festzustellen, wie sich Manipulationen an der Handwurzel auf die von der Natur wohl durchdachte Gefügerelation auswirken würden.

6.1.2 Aufnahmetechnik

Für die Standard-Neutralaufnahmen wurde bei der posteroanterioren Aufnahme die Person gebeten, die Hand mit der Fläche nach unten auf eine Röntgenplatte zu legen. Man hat darauf zu achten, daß Radius und MC II in einer Linie stehen. Bei der seitlichen Aufnahme ist die Hand senkrecht zur Platte zu halten. Dabei soll der Radius genau parallel über der Ulna stehen, außerdem haben Radius und MC III möglichst auf einer Linie zu liegen.

Für die Aufnahmen in maximaler Palmar- und Dorsalflexion, sowie maximaler Ulnar- und Radialabduktion stand ein Gerät zur Verfügung, mit dem die besagten gehaltenen Aufnahmen passiv erweitert werden konnten. (Bild 1).

In dieser Anordnung wird der Unterarm der zu untersuchenden Person zwischen zwei Randleisten -bei posteroanteriorer Aufnahme senkrecht zur Unterlage und bei seitlicher Aufnahme flach auf die Unterlage- festgehalten, so daß Bewegungen der Hand nicht durch ein Mitwandern des Unterarmes oder durch eine Supinations- oder Pronationsbewegung im Radioulnargelenk verfälscht werden können.

Die Radialabduktion der Hand wird alsdann dadurch bewerkstelligt, daß von der Ulnarseite her Druck auf das Köpfchen des MC V ausgeübt und der Untersuchte gleichzeitig aufgefordert wird, durch Entspannen der Muskulatur die passiv bewerkstelligte Bewegung zu erlauben. In maximal zu erreichender Abduktion wird die Aufnahme gemacht.

Bei der Ulnarabduktion erfolgt die Kraftaufwendung von radial. Mit dem Druckgerät wird Kraft ausgeübt etwa auf das Grundglied des Digitus I und damit auf das Köpfchen des MC II. In maximaler Ulnarabduktion erfolgt die Aufnahme.

Bei den Flexionsbewegungen wird der Unterarm und die Hand -wie oben erwähnt- senkrecht zur Unterlage eingerichtet.

Bei Palmarflexion erfolgt der Druck von distal auf die Dorsalseite der Köpfchen der MC II - V. Dadurch wird die gesamte Mittelhand palmarflektiert. Bei maximaler Palmarflexion erfolgt die Aufnahme.

Bei der Dorsalflexion geschieht der Druck, indem das Gerät auf die Palmarseite der Köpfchen der MC II - V angelegt wird. Mit Druck wird die Mittelhand und somit auch die Handwurzel nach dorsal flektiert. Auch hier erfolgt die Aufnahme bei maximaler Dorsalflexion.

Damit werden pro Person insgesamt 6 Aufnahmen angefertigt, in welchen die Achsen für Capitatum, Lunatum, Scaphoideum und Radius eingezeichnet werden. Die Konstruktion der Achsen sowie das Ablesen der verschiedenen Winkel wird im folgenden ausführlich erläutert.

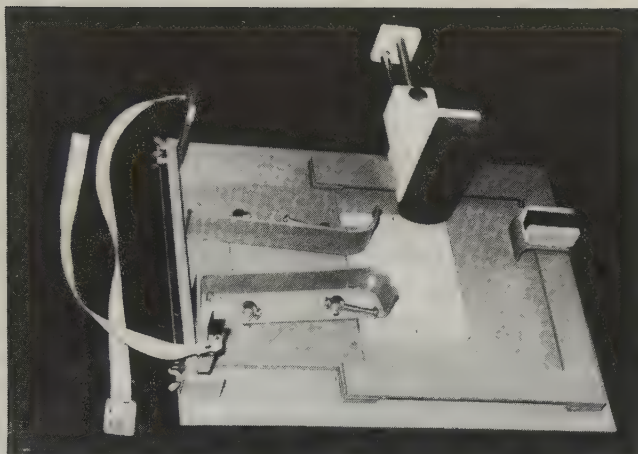


Bild 1:

Halteapparat zum Anfertigen gehaltener Aufnahmen bzw. von Instabilitäts-serien.

Der Unterarm wird zwischen die beiden Metalleisten bei seitlicher Aufnahme senkrecht und bei posteroanteriorer Aufnahme parallel zur Unterlage fixiert. Das in dieser Anordnung frei bewegliche Handgelenk wird mittels des in der oberen Bildhälfte gezeigten Geräteteils passiv in die gewünschten Bewegungsrichtungen gebracht. Hierbei wird ein Druck von ca. 15 kp ausgeübt.

6.2.1 Methode der Achsenzeichnung

Wie in früheren Kapiteln ausführlich dargelegt, handelt es sich bei den Bewegungen in den Handgelenken, Flexionen und Abduktionen, um äußerst komplexe Bewegungsabläufe. Bei Bewegung kippen die einzelnen Handwurzelknochen, stellen sich auf, verändern ihre Achse, und die ganzen Veränderungen gleichen bei keinem Knochen dem anderen. Um die Kippbewegungen der einzelnen Knochen quantitativ verifizieren zu können, versucht man, die Winkel zu bestimmen, welche die einzelnen Knochenachsen zueinander bilden. Mit dieser Methode kann man im Vergleich mit Normalgelenken Veränderungen von Handfunktionen quantitativ messen und miteinander vergleichen. Außerdem ist es möglich, zu erforschen, in welchem Bewegungsabschnitt die wesentliche Funktionseinschränkung stattfindet oder wo die veränderte Hand in ihrer Bewegung am wenigsten Einbuße erlitten hat.

Läßt man das Kapitel "Anatomie und Mechanik (5.1)" noch einmal Revue passieren, so bereitet die Überlegung, welche Knochen mit ihren Achsen in die Berechnung miteinbezogen werden, keine Schwierigkeiten:

Radius: Der Radius dient sozusagen als Ruhepol des gesamten Systems, wenn man von Pro- und Supination absieht, wo er selbst ja bekanntlich im Radioulnargelenk mit der Ulna kommuniziert. Die eben bezeichneten Bewegungen spielen jedoch keine wesentliche Rolle für Flexionen und Abduktionen und werden im Folgenden außer Acht gelassen.

Capitatum: Das Capitatum ist straff in ein System von Bändern eingelassen, steht in relativ starrer Verbindung zu dem MC III sowie zu den übrigen Knochen der distalen Handwurzelreihe. Es kann daher sozusagen stellvertretend für den distalen Gelenkkomplex stehen. Außerdem steht es im Zentrum, das heißt senkrecht über dem Radius in Verlängerung seiner Achse. Bei der Abduktion ist das Capitatum der Karpalknochen, um dessen sagitale Achse sich die proximale Handwurzelreihe dreht (118, 119).

Scaphoideum: Das Kahnbein zeigt sowohl bei Flexion als auch bei Abduktion eine gewisse Art von Eigenbeweglichkeit, durch die es erst die ausgeprägten Bewegungsstrecken der Hand gewährleistet. Außerdem gelangt es zu großer Bedeutung als "connecting rod", indem es proximale und distale Handwurzelreihe überbrückt.

Lunatum: Das Lunatum ist ebenfalls wie das Scaphoid an Flexionen und Abduktionen maßgebend beteiligt und zeigt ein eigenes Bewegungsmuster. Das Lunatum ist Teil der zentralen Artikulationskette des Handgelenkes. Diese aus Capitatum, Lunatum und Radius bestehende Kette wurde von Kauer beschrieben. Zudem spielt das Lunatum eine Rolle bei der Definition von bestimmten Carpalinstabilitäten (siehe Kapitel 5.2) (59).

Alle übrigen Handwurzelknochen sind mehr oder weniger stark in den Gelenkverband eingefügt und bewegen sich doch, ob ihrer Bindung, kongruent mit den oben beschriebenen Bewegungssegmenten.

Um die Stellung der Knochen zueinander quantitativ messen zu können, ist es nötig, die unregelmäßig konfigurierten Knochenoberflächen jedes einzelnen Knochens einer Geraden zuzuführen. Dafür eignet sich am besten die Bildung von Knochenachsen. Die Konstruktion der Achsen in den einzelnen Knochen gelingt folgendermaßen:

● Seitliche Röntgenaufnahme:

Radius-Achse:

Die Längsachse wird parallel zu den Schaftträgern derart in den Schaft gelegt, daß diese Gerade die Mitte der distalen Gelenkfläche kreuzt (43, 59, 84).

Capitatum-Achse:

Die Achse des Capitatus entspricht einer Geraden, welche durch die Mittelpunkt der distalen konkaven und proximalen konvexen Gelenkfläche führt (84).

Scaphoid-Achse:

Bei der Achsenkonstruktion des os scaphoideums bildet man eine Tangente, die sowohl den palmar gelegenen Pol an seiner konvexen proximalen Fläche als auch den medial gelegenen Pol an seiner ebenfalls konvex gestalteten proximalen Fläche berührt. Durch Parallelverschiebung erhält man eine Achse, die die Mittelpunkte beider Scaphoidpole schneidet (59, 83), oder doch nur wenige Grade davon abweicht (43).

Lunatum-Achse:

Die Achse des os lunatum ist in ihrer Darstellung nicht immer ganz problemlos. Ist der Umriß des Lunatum in seiner seitlichen Darstellung symmetrisch, so verläuft die Achsenkonstruktion wie folgt: Zunächst verbindet man die beiden distalen Pole des Carpus tangential und fällt sodann das Lot dazu, welches die Mittelpunkte der distalen und proximalen Gelenkfläche schneidet (43).

Häufig weicht das Lunatum jedoch von seiner symmetrischen Gestalt ab, so daß

aufgrund von Exostosen oder gelenkdegenerativen Veränderungen die beiden Pole unterschiedlich konfiguriert sind und verschieden weit nach distal reichen. Die Konstruktion der Achsen verhält sich dann folgendermaßen: Man sucht die Mittelpunkte der distalen konkaven und proximalen konvexen Gelenkfläche und zieht eine Gerade durch die besagten Fixpunkte (59).

● Posteroanteriore Röntgenaufnahme:

Radius-Achse:

Die Achse des Radius ist eine Parallele zu den Schafttrandstrukturen, welche die Mitte der distalen Radiusgelenkfläche kreuzen soll.

Capitulum-Achse:

Die Capitulum-Achse ist eine Verlängerung der Achse des MC III, die durch das Zentrum des Kopfes des Capitatus führt (118).

Scaphoid-Achse:

Die Scaphoid-Achse ist eine Verlängerung der längsten Strecke durch das Scapho-
id (Abb. 6.2.2).

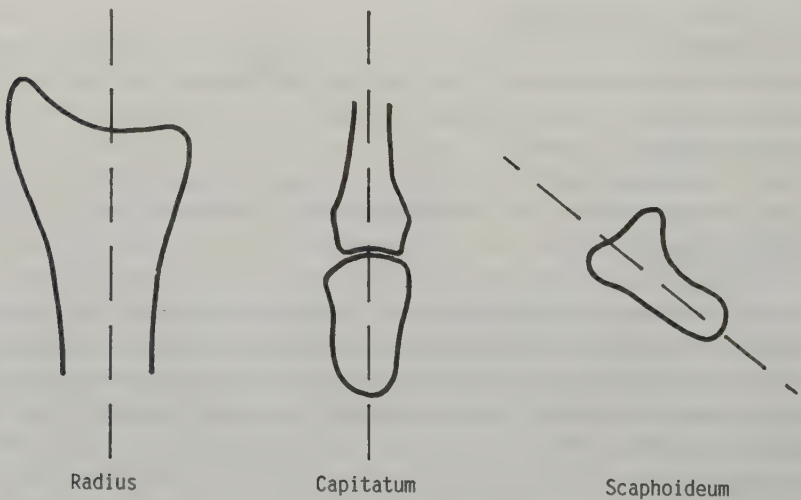


Abb. 6.2.2 Achsenzeichnung im P.A. - Röntgenbild

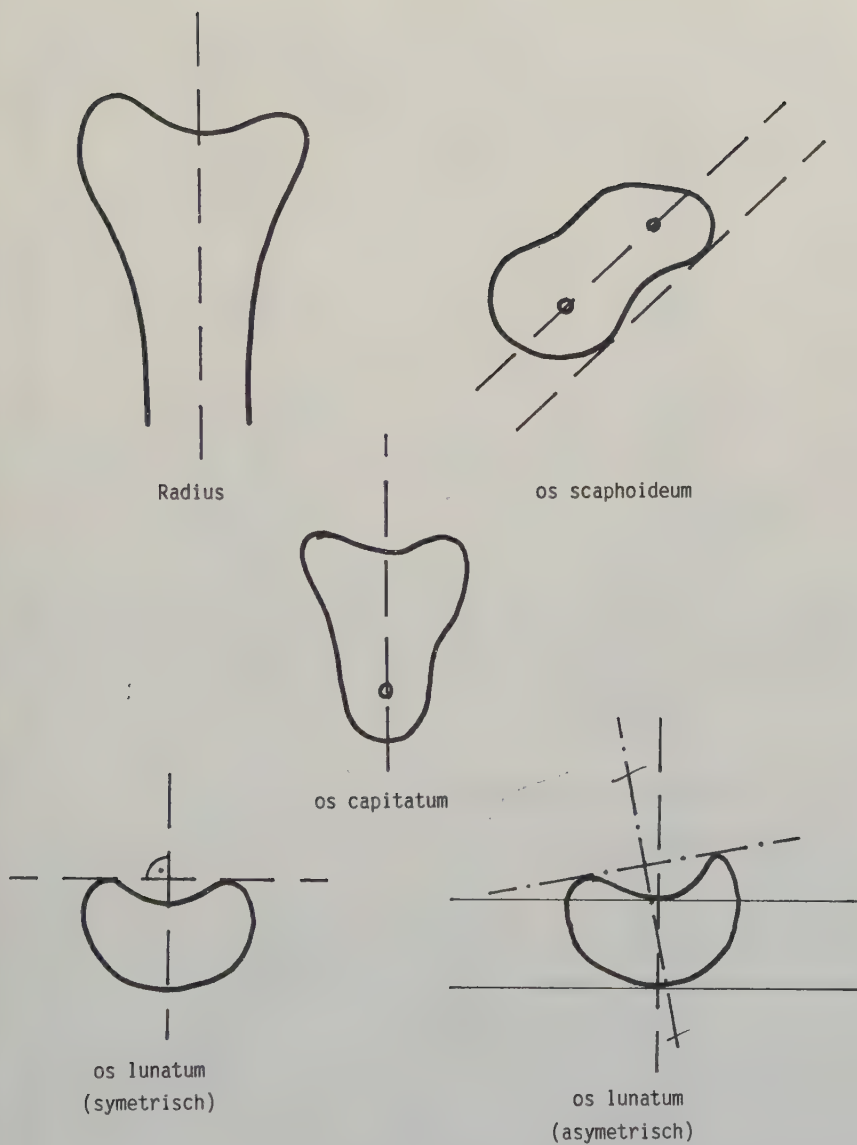


Abb. 6.2.1 Achsenzeichnung im seitlichen Röntgen-Bild

6.2.2 Methode der Winkelbestimmung

Die eben bestimmten Achsen nehmen zueinander bestimmte Winkel ein, mit deren Hilfe man die Position der einzelnen Knochen beobachten, quantitativ bestimmen und untereinander vergleichen kann.

Es werden folgende Winkel ausgemessen:

Radius	- Lunatum	- Winkel	
Lunatum	- Capitatum	- Winkel	
Radius	- Capitatum	- Winkel	in seitlicher Aufnahme
Radius	- Scaphoideum	- Winkel	(Abb. 6.2.3)
Lunatum	- Scaphoideum	- Winkel	
Capitatum	- Scaphoideum	- Winkel	

Radius	- Capitatum	- Winkel	
Scaphoideum	- Radius	- Winkel	in P.A.-Aufnahme
Scaphoideum	- Capitatum	- Winkel	(Abb. 6.2.4)

Die oben genannten Achsen und die daraus resultierenden Winkel werden in Neutralstellung, in maximaler Flexion und in maximaler Extension, sowie in maximaler Radialabduktion und in maximaler Ulnarabduktion eingezeichnet bzw. bestimmt und gemessen.

6.2.3 Methode der Bewegungsbestimmung

Neben den verschiedenen Winkeln lassen sich über diese Winkel Bewegungsausschläge ermitteln:

Im Vergleich mit den Winkeln, die die Achsen bei der Neutralaufnahme zueinander bilden, lassen sich die Bewegungsausschläge in Grad angeben, die die einzelnen Knochen in seitlicher Aufnahme bei Palmar- und Dorsalflexion und in P.A.-Aufnahme bei Radial- und Ulnarabduktion ausführen.

Beispiel 1: Für den Radius-Lunatum (=RL)-Winkel ergibt sich bei Palmarflexion 18° , bei Dorsalflexion 20° . In Neutralstellung beträgt RL 5° , das Lunatum ist dorsal rotiert. Hier ergibt sich als RL-Winkel $18/0/20$, als Bewegung hingegen nach palmar: $18^\circ + 5^\circ = 23^\circ$ und nach dorsal $20^\circ - 5^\circ = 15^\circ$.

Beispiel 2: Der Winkel zwischen Scaphoid und Radius=RS-Winkel beträgt bei Palmarflexion 60° , in der Neutralstellung 25° und bei Dorsalflexion 18° , also $60/25/18$, Als Bewegungsausmaß ergibt sich hingegen nach palmar $60^\circ - 25^\circ = 35^\circ$ und nach dorsal $25^\circ - 18^\circ = 7^\circ$.

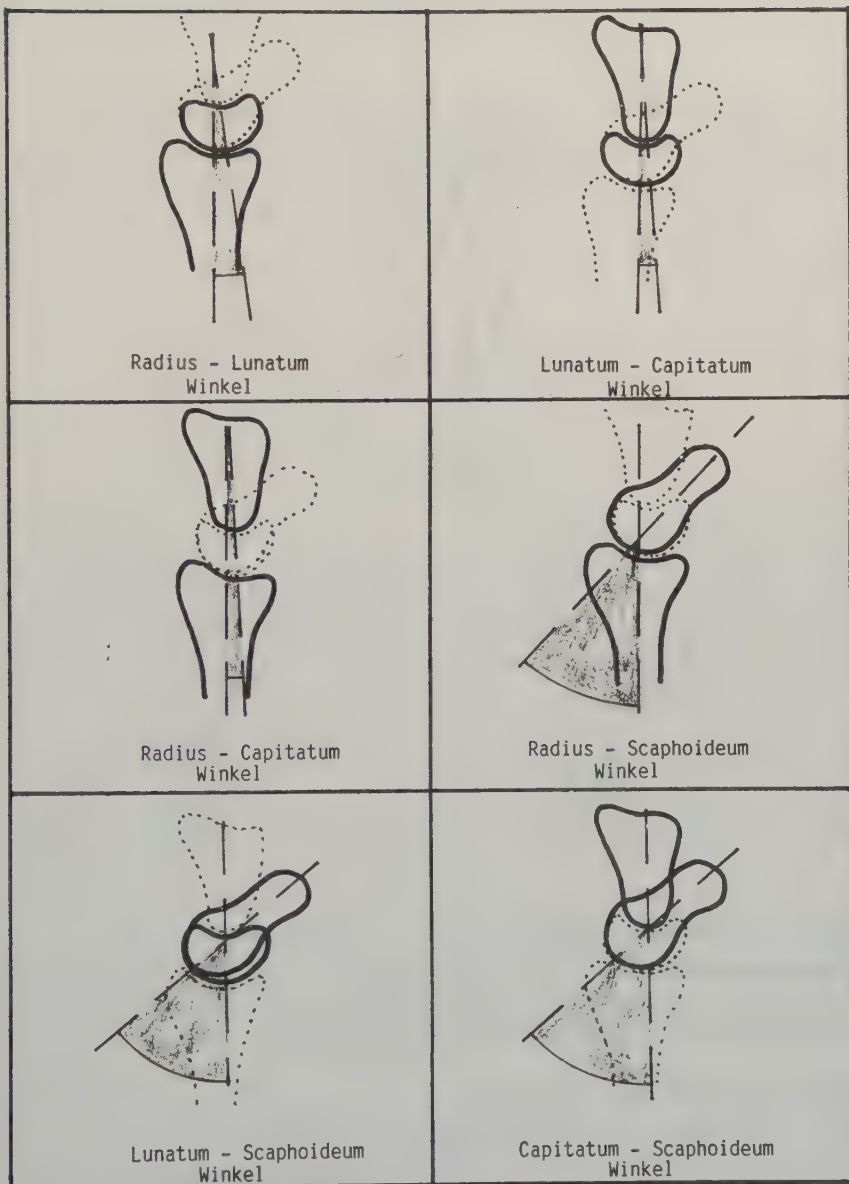
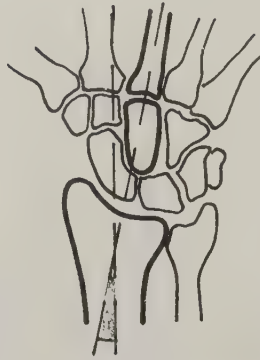


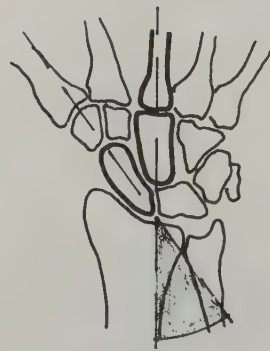
Abb. 6.2.3 Winkelbestimmung im seitlichen Röntgen-Bild



Radius - Capitulum
Winkel



Scaphoideum - Radius
Winkel



Scaphoideum - Capitulum
Winkel

Abb. 6.2.4 Winkelbestimmung im P.A. - Röntgen-Bild

7. Probanden und Patienten

Für die gesamte Arbeit sind von 79 Personen gehaltene Aufnahmen gefertigt, Achsen eingezeichnet, Winkel gemessen, Bewegungen berechnet und radiologische Veränderungen beurteilt worden. Die Probanden- bzw. Patientenzahl verteilt sich auf folgende Gruppen:

- 12 gesunde Normalpersonen
- 17 Volleyballsportler
- 12 Patienten mit Scaphoid-Vollprothesen
- 21 Patienten mit proximalen Scaphoid-Ersatz
- 7 Patienten mit distalem Scaphoid-Ersatz
- 4 Patienten mit Trapezium-Vollprothesen
- 6 Patienten mit Lunatum-Prothesen (Tab. 7.1 und Tab. 7.2).

Im Zeitraum von 1979 bis Ende 1982 wurden an der Chirurgischen Universitätsklinik Innenstadt München in der Handchirurgischen Abteilung, Professor Wilhelm, bei Verletzungen oder Veränderungen am Kahnbein ein Teil oder das ganze Scaphoid bei 65 Patienten durch eine Silastic-Prothese ersetzt. Ursprünglich waren 38 prox. Teilprothesen, 12 distale und 15 Vollprothesen implantiert worden. Der Einbestellung zur Nachuntersuchung sind 42 Patienten gefolgt. Darunter befanden sich 12 Patienten mit Scaphoid-Vollprothesen und eine Person, der zunächst eine Vollprothese implantiert, jetzt aber einer Arthrodese zugeführt wurde. Weiter erschienen 21 Patienten mit prox. Scaphoidersatz und eine Person, bei welcher die prox. Teilprothese wieder entfernt und durch eine Resektionsarthroplastik ersetzt wurde. Von den distalen Teilprothesen erschienen 7 Patienten. Unter den Patienten mit Vollprothesen sind ferner 2 Patienten zu nennen, denen zunächst ein prox. Scaphoid-Anteil durch eine Teilprothese ersetzt, ehe in einer späteren Operation eine Vollprothese zur Implantation verwendet wurde.

Von 1980 bis 1982 ist in 9 Fällen das Trapezium vollständig entfernt und durch eine Prothese ersetzt worden. Von diesen 9 Patienten sind zur Nachuntersuchung 4 erschienen.

In 11 Fällen implantierte man im Zeitraum von 1978 bis Ende 1982 nach Resektion des Lunatums eine Vollprothese oder Häubchenprothese. 6 Patienten folgten der Einbestellung zur Nachuntersuchung.

Art des prothetischen Ersatzes	Anzahl der operierten Patienten	Anzahl der zur Nachuntersuchung erschienenen Patienten
Scaphoid:		
Vollprothese	15	12 (+ 1 Arthrodeese)
prox. Teilprothese	38	21 (+ 1 Resektionsarthroplastik)
dist. Teilprothese	12	7
GESAMT	65	42
	100 %	64,62 %
Lunatum-Prothese	11	6
	100 %	54,55 %
Trapezium-Prothese	9	4
	100 %	44,44 %
GESAMT	85	52
	100 %	61,68 %

Tab. 7.1 Verteilung der operierten und der zur Nachuntersuchung erschienen Patienten.

Probanden-/Patienten-Gruppen	Anzahl
Gesunde Normalpersonen	12
Volleyballspieler	17
Scaphoid-Vollprothesen	12
prox. Scaphoid-Teilprothesen	21
im Trapezium	3
im Trapezium + prox. Scaphoid	1
dist. Scaphoid-Teilprothesen	2
im prox. Scaphoid (Häubchen)	1
	65
Lunatum-Vollprothesen	5
Lunatum-Teilprothesen (Häubchen)	1
	6
Trapezium-Vollprothesen	4
GESAMT	79

Tab. 7.2 Verteilung der in dieser Studie untersuchten Probanden und Patienten

8. Ergebnisse der funktionellen

Röntgen - Aufnahmen

8.1 GESUNDE PERSONEN

8.1.1 Normalpersonen

8.1.1.1 Material: Probanden

Im Rahmen dieser Arbeit konnten 12 gesunde Normalpersonen gefunden werden, die sich für diese Studie zur Verfügung stellten. Jeweils eine Hand wurde den verschiedenen Aufnahmen unterzogen. Gefordert war, daß die Versuchspersonen an der gesunden Hand noch nie eine Verletzung erlitten hatten. Außerdem sollte die Anamnese hinsichtlich Beanspruchung der Hand in Beruf, Freizeit und Sport unauffällig sein. Alle 12 Personen genügten dieser Forderung und durften deshalb das Prädikat "Gesunde Normalpersonen" tragen.

Unter den 12 Personen befanden sich 7 weibliche und 5 männliche Probanden. Ihr Alter bewegte sich zwischen 20 und 58 Jahren bei einem Durchschnittsalter von 26,4 Jahren.

Zeichenerklärung für die nachfolgenden Tabellen:

$\angle$ RC, $\angle$ RL...: Winkel zwischen Radius und Capitatum bzw. Radius und Lunatum ...

Σ : Summe der Winkelausschläge von palmar nach dorsal bzw. radial nach ulnar.

r,R : Winkel, Bewegungsausmaß nach radial.

u,U : Winkel, Bewegungsausmaß nach ulnar.

p,P : Winkel, Bewegungsausmaß nach palmar.

d,D : Winkel, Bewegungsausmaß nach dorsal.

NN : Neutralstellung

Winkelangaben erfolgen in Grad (°).

8.1.1.2 Meßergebnisse: Winkel, Bewegung, Mittelwerte

Tabelle 8.1.1.1 - 8.1.1.4, Bildfolge 2

N O R M A L P E R S O N E N (n=12)

Winkel

NAME	SR	RC	RC	RC	RL	RL	LC	LC	SL	SR	SC	SC	SR	LC	LR	RC
	$\leq$	$\times$ r	$\times$ u	$\leq$	$\times$ p	$\times$ d	$\leq$	$\times$ p	$\times$ d	$\times$ p	$\times$ d	$\times$ r	$\times$ u	$\times$ r	$\times$ u	
D.C. w 21	77	39-0-38	171	91-0-80	74	41-0-33	97	50-0-47	69-49-25	110-58-0-7	19-60-72	8-46-50	48-46-13	11 d	8 p	3 d
D.S. w 20	68	22-0-46	177	90-0-87	57	33-0-24	120	57-0-63	81-47-22	114-50-0-2	24-55-85	38-43-54	61-43-7	8 d	3 p	5 d
D.M. m 23	56	17-0-39	175	83-0-92	74	34-0-40	101	49-0-52	67-43-27	111-49-0-12	18-57-78	30-49-54	46-49-15	13 d	5 p	8 d
D.S. w 20	57	17-0-40	165	82-0-83	60	30-0-30	105	52-0-53	67-50-28	97-50-0-3	15-52-80	42-45-59	58-45-15	1d	0	1d
E.E. m 25	51	19-0-32	164	85-0-79	61	33-0-28	103	52-0-51	74-50-27	117-49-0-2	22-57-78	23-43-50	43-43-18	6d	1d	7d
E.M. w 20	74	27-0-47	157	75-0-82	60	25-0-35	97	50-0-47	84-57-31	109-53-0-3	33-57-78	21-46-49	49-46-12	1d	2d	3d
H.R. m 25	64	23-0-41	149	69-0-80	56	22-0-34	93	47-0-46	68-40-27	91-46-0-7	22-58-73	37-48-57	60-48-16	17d	5p	12d
K.N. m 20	63	20-0-43	161	82-0-79	56	31-0-25	105	51-0-54	78-45-24	110-47-0-1	28-50-77	32-49-57	53-49-15	5d	2p	3d
P.J. m 20	52	18-0-34	171	77-0-94	68	33-0-35	103	44-0-59	63-50-26	97-51-0-8	20-60-86	32-44-62	49-44-27	9d	1p	8d
U.S. w 42	58	26-0-32	171	80-0-91	47	25-0-22	124	55-0-69	82-55-25	108-52-2	28-65-86	29-52-65	55-52-24	10d	3d	13d
V.A. w 58	68	24-0-44	147	63-0-84	47	18-0-29	100	45-0-55	76-56-27	95-55-0-2	31-63-82	29-46-65	54-46-21	7d	1d	8d
V.S. w 23	67	26-0-41	179	82-0-97	72	37-0-35	107	45-0-62	73-47-23	110-44-0-11	27-55-85	21-43-58	46-43-17	8d	3d	11d

Tab. 8.1.1.1 Winkel

N O R M A L P E R S O N E N

Bewegung

NAME	RC		RL		LC		SL		SR		SC		SC		SR	
	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	R	U	R	U
D. C. w 21	94	77	33	41	61	36	20	24	52	65	41	12	38	4	2	33
D. S. w 20	95	82	30	27	65	55	34	25	64	52	31	30	5	11	18	36
D. M. m 23	91	84	29	45	62	39	24	16	62	61	39	21	19	5	-3	34
D. S. w 20	83	82	30	30	53	52	17	22	47	53	37	28	3	14	13	26
E. E. m 25	92	72	34	27	58	45	24	23	68	51	35	21	20	7	0	25
E. M. w 20	72	85	27	33	51	46	27	26	56	56	24	21	25	3	3	34
H. R. m 25	81	68	17	39	64	29	28	13	45	53	36	15	11	9	12	32
K. N. m 20	85	76	29	27	56	49	33	21	63	48	22	27	17	8	4	34
P. J. m 20	85	86	32	36	53	50	13	24	46	59	40	26	12	18	5	17
U. S. w 42	93	78	28	19	65	59	27	30	56	50	37	21	23	13	3	28
V. A. w 58	71	76	19	28	52	48	20	29	40	57	32	19	17	19	8	25
V. S. w 23	93	86	40	32	53	54	26	24	66	55	28	30	22	15	3	26

Tab. 8.1.1.2 Bewegung

NORMALE PERSONEN Bildfolge 2

Mittelwerte

Winkel

	$\star RC$ $\leq$	$\star RC$ r	$\star RC$ u	$\star RC$ $\leq$	$\star RC$ p	$\star RC$ d	$\star RL$ $\leq$	$\star RL$ p	$\star RL$ d	$\star LC$	$\star LC$ p	$\star LC$ d
Mittelwert	62,92	23,17	39,75	165,58	79,92	85,67	61	30,17	30,83	104,58	49,75	54,83
Varianz	63,24	34,47	23,35	100,41	59,24	37,06	80,67	39,31	26,81	75,74	14,85	46,97
Standardabweichung	8,31	6,13	5,05	10,47	8,04	6,36	9,38	6,55	5,41	9,09	4,03	7,16

	$\star SL$ p	$\star SL$ n	$\star SL$ d	$\star SR$ p	$\star SR$ n	$\star SR$ d	$\star SC$ p	$\star SC$ n	$\star SC$ d
Mittelwert	73,5	49,08	26	105,75	50,33	4,67d	23,92	57,42	80
Varianz	42,58	24,41	5,33	64,85	13,72	16,72	28,08	16,58	21,67
Standardabweichung	6,82	5,16	2,41	8,41	3,87	4,27	5,53	4,25	4,86

	$\star SC$ r	$\star SC$ n	$\star SC$ u	$\star SR$ r	$\star SR$ n	$\star SR$ u	$\star LC$ p	$\star LR$ p	$\star RC$ p
Mittelwert	28,5	46,17	56,67	51,38	46,17	17	8 d	1,17p	6,83
Varianz	77,9	7,47	28,06	31,81	7,47	26,67	19,33	11,31	13,79
Standardabweichung	9,22	2,86	5,53	5,89	2,86	5,39	4,59	3,51	3,9

Tab. 8.1.1.3 Mittelwerte - Winkel

NORMALPERSONEN

Mittelwerte

Bewegung

	P	RC D	P	RL D	P	LC D	P	SL D	P	SR D	P	SC D
Mittelwert	86,25	79,33	29	32	57,75	46,83	24,42	23,08	55,42	55	33,5	22,58
Varianz	63,35	30,72	35,17	48,33	26,85	67,47	34,91	21,24	80,24	22	35,25	30,24
Standardabweichung	8,31	5,79	6,19	7,26	5,41	8,58	6,17	4,81	9,36	4,9	6,2	5,74

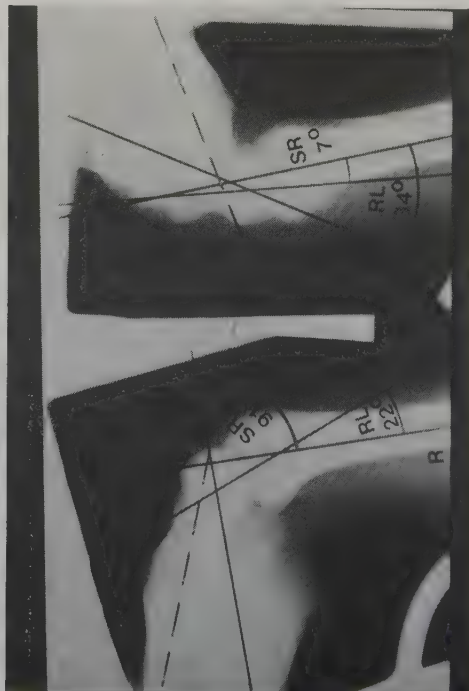
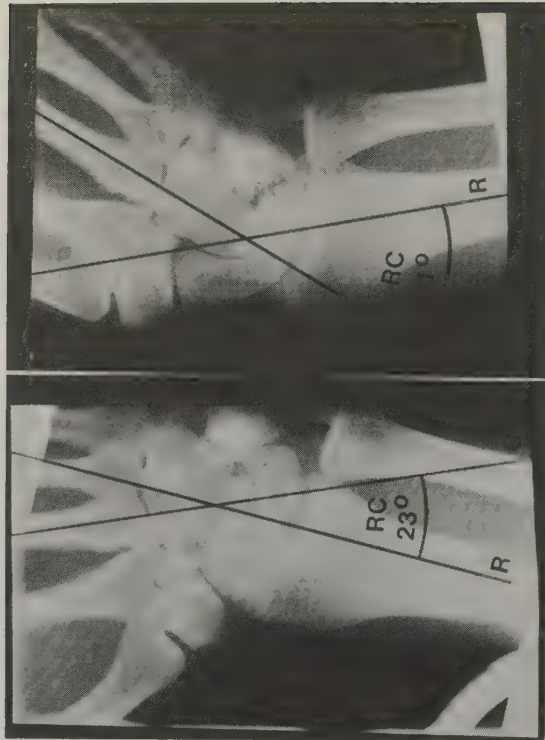
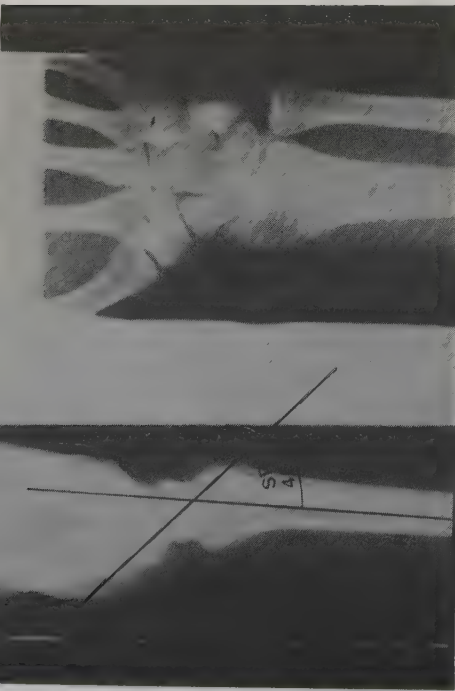
	R	SC U	R	SR U
Mittelwert	17,67	10,5	5,67	29,17
Varianz	81,22	26,42	33,06	28,64
Standardabweichung	9,41	5,37	6,01	5,59

Tab. 8.1.1.4 Mittelwerte - Bewegung

Bildfolge 2

Funktionelle Aufnahmen einer gesunden Hand

- A) Hand in Neutralstellung im seitlichen Strahlengang
- B) Hand in Neutralstellung im posteroanterioren Strahlengang
- C) Hand in maximaler Palmarflexion, seitliche Aufnahme
- D) Hand in maximaler Dorsalflexion, seitliche Aufnahme
- E) Hand in maximaler Radialabduktion, P.A.-Aufnahme
- F) Hand in maximaler Ulnarabduktion, P.A.-Aufnahme



8.1.1.3 Beschreibung der Ergebnisse

Tab. 8.1.1.1 - 8.1.1.4

W I N K E L

Handwurzel in seitlicher Aufnahme

Handwurzel in Neutralstellung:

Radius-Lunatum-Winkel: Abb. 8.1.1.1

Das Lunatum ist palmarrotiert in 6 Fällen (50 %). Es ist coaxial mit dem Radius in einem Fall (8,33 %). Dorsalrotiert, d.h. in Extensionsstellung in 5 Fällen (41,67 %).

Der Durchschnittswinkel für die palmarrotierten Fälle beträgt 14° und umfaßt eine Breite von 1° bis 8° . Dies entspricht einer Varianz von 5,33 und einer Standardabweichung von 2,53.

Der Durchschnittswinkel für die dorsalrotierten Fälle beträgt 2° und umfaßt eine Breite von 1° bis 3° . Dies entspricht einer Varianz von 0,8 und einer Standardabweichung von 1.

Lunatum-Capitatum-Winkel: Abb. 8.1.1.1

Das Capitatum ist in Bezug zum Lunatum dorsalrotiert in allen 12 Fällen (100 %). Der Durchschnittswinkel für diese dorsalflektierten Fälle beträgt 8° , reicht von 1° bis 17° ; Varianz 19,33, Standardabweichung 4,59.

Radius-Capitatum-Winkel: Abb. 8.1.1.1

Das Capitatum ist dorsalrotiert, also in Extensionsstellung in allen 12 Fällen (100 %). Der Durchschnittswinkel für die dorsalflektierten Fälle beträgt $6,83^\circ$, reicht von 1° bis 13° ; Varianz 13,97, Standardabweichung 3,9.

$$\text{RC-Winkel} = \text{RL-Winkel} + \text{LC-Winkel}$$

Radius-Scaphoideum-Winkel: Abb. 8.1.1.2

In Neutralstellung ist das os scaphoideum palmarflektiert. Der durchschnittliche Flexionswinkel beträgt $50,33^\circ$ und umfaßt eine Breite von 44° bis 58° . Dies entspricht einer Varianz von 13,72 und einer Standardabweichung von 3,87.

WINKEL

NEUTRALSTELLUNG

PALMARFLEXION

DORSALFLEXION

Radius-Lunatum	 8,33 % 0°	 50 % 14°	 41,67 % 2°
Lunatum-Capitatum			 100 % 8°
Radius-Capitatum			 100 % 6,83°

Abb. 8.1.1.1 Handwurzel in Neutralstellung - Normalpersonen

Lunatum-Scaphoideum-Winkel: Abb. 8.1.1.2

Das Scaphoid ist gebeugt mit einem Durchschnittswinkel von $49,08^\circ$ und reicht von 43° bis 57° , Varianz 24,41, Standardabweichung 5,16.

Capitatum-Scaphoideum-Winkel: Abb. 8.1.1.2

Der Durchschnittswinkel beträgt $57,42^\circ$, umfaßt eine Spannweite von 50° bis 65° , Varianz 16,58, Standardabweichung 4,25.

Handwurzel in maximaler Flexion bzw. Extension:

Radius-Lunatum-Winkel:

In größter Palmarflexion beträgt der Winkel $30,17^\circ$, reicht von 18° bis 41° . Varianz 39,31, Standardabweichung 6,55.

In maximaler Dorsalflexion oder Extension beträgt der Durchschnittswinkel $30,83^\circ$, reicht von 22° bis 40° . Varianz 26,81, Standardabweichung 5,41.

Lunatum-Capitatum-Winkel:

In größter Palmarflexion ergibt sich ein Winkel von durchschnittlich $49,75^\circ$, reicht von 44° bis 57° . Varianz 14,85, Standardabweichung 4,03.

In maximaler Dorsalflexion lautet der Durchschnittswinkel $54,83^\circ$, umfaßt eine Spannweite von 46° bis 69° . Varianz 46,97, Standardabweichung 7,16.

Radius-Capitatum-Winkel:

Dieser Winkel entspricht gewissermaßen der Summe von proximalem und distalem Handgelenk bei Palmarflexion und Dorsalflexion.

In maximaler Flexion nach palmar ergibt sich ein durchschnittlicher Winkel von $79,92^\circ$, reicht von 63° bis 91° . Varianz 59,24, Standardabweichung 8,04.

In Dorsalflexion beträgt der Durchschnittswinkel $85,67^\circ$, reicht von 79° bis 97° . Varianz 37,06, Standardabweichung 6,36.

Radius-Scaphoideum-Winkel:

Bei Palmarflexion der Hand kippt das Scaphoideum noch weiter nach palmar. Der durchschnittliche Winkel beträgt $105,75^\circ$, reicht von 91° bis 117° . Varianz 64,85, Standardabweichung 8,41.

Bei Extensionsbewegung nähert sich das Scaphoideum der Radiusachse, kippt mit Ausnahme eines Falles bis in dorsalflektierte Stellung, so daß sich ein durchschnittlicher dorsalflektierter Winkel von $4,67^\circ$ ergibt und von 2° palmarflektiert bis 11° dorsalflektiert reicht. Varianz 16,72, Standardabweichung 4,27.

Radius-Scaphoideum	 50,33°
Lunatum-Scaphoideum	 49,08°
Capitatum-Scaphoideum	 57,42°

Abb. 8.1.1.2 Lage des Scaphoids bezüglich Radius, Lunatum und Capitatum

Lunatum-Scaphoideum-Winkel:

In Palmarflexion lautet der Durchschnittswinkel $73,5^\circ$, reicht von 63° bis 84° . Varianz 42,58, Standardabweichung 6,82.

Bei Dorsalflexion erhält man einen Winkel von 26° , welcher von 22° bis 31° reicht. Varianz 5,33, Standardabweichung 2,41.

Capitatum-Scaphoideum-Winkel:

In Palmarflexion ergibt sich ein Durchschnittswinkel von $23,92^\circ$; er reicht von 15° bis 33° , Varianz 28,08, Standardabweichung 5,53.

In Dorsalflexion zeigt sich ein Winkel von 80° , von 72° bis 86° . Varianz 21,67, Standardabweichung 4,86.

Handwurzel in P.A.-Aufnahme

Handwurzel in Neutralstellung:

Radius-Capitatum-Winkel:

In Neutralstellung stehen die Achsen der beiden Knochen in allen 12 Fällen (100 %) coaxial zueinander.

Radius-Scaphoideum-Winkel:

Das Scaphoideum ist in Relation zur Radiusachse radialwärts gekippt und zeigt in Neutralstellung einen Winkel von $46,17^\circ$, welcher reicht von 43° bis 52° . Varianz 7,47, Standardabweichung 2,86.

Scaphoideum-Capitatum-Winkel:

Das Scaphoideum ist radialgekippt. Den Durchschnittswinkel, den die Scaphoid-Achse mit der Capitatum-Metacarpale III-Achse einschließt, lautet auf $46,17^\circ$, reicht von 43° zu 52° . Varianz 7,47, Standardabweichung 2,86.

Handwurzel in maximaler Radial- bzw. Ulnarabduktion:

Radius-Capitatum-Winkel:

In maximaler Radialabduktion erhält man einen Winkel von $23,17^\circ$, reicht von 17° zu 39° . Varianz 34,47, Standardabweichung 6,13. Bei extremer Ulnarabduktion liest man einen Winkel von durchschnittlich $39,75^\circ$, er umfaßt eine

Gruppe von 32° bis 47°. Varianz 23,35, Standardabweichung 5,05.

Radius-Scaphoideum-Winkel:

Der Durchschnittswinkel lautet bei Radialabduktion auf 51,83°, reichend von 43° bis 61°. Varianz 31,81, Standardabweichung 5,89. Für die Ulnarabduktion ergibt sich ein Winkel von durchschnittlich 17°, er reicht von 7° zu 27°. Varianz 26,67, Standardabweichung 5,39.

Scaphoideum-Capitatum-Winkel:

Der durchschnittliche Winkel in maximaler Radialabduktion beträgt 28,5°, reicht von 8° zu 42°. Varianz 77,92, Standardabweichung 9,22. In größter Ulnarabduktion ergibt sich ein Winkel von 56,67°, reichend von 49° zu 65°. Varianz 28,06, Standardabweichung 5,53.

B E W E G U N G

Handwurzelbewegung bei Palmar- und Dorsalflexion

● Radius-Capitatum-Bewegung:

Der Bewegungsumfang der Handwurzel ergibt sich aus der Addition der Winkel, die der Radius mit dem Capitatum in maximaler Flexion und in maximaler Extension beschreibt.

Als durchschnittliches Extensions-Flexions-Bewegungsausmaß ergibt sich ein Winkel von 165,58°; er reicht von 147° bis zu 179°. Varianz 100,41; Standardabweichung 10,47.

Die durchschnittliche Flexionsbewegung beträgt 86,25°, reicht von 71° zu 95°. Varianz 63,35; Standardabweichung 8,31.

Die durchschnittliche Extensionsbewegung lautet 79,33°, reicht von 68° zu 86°. Varianz 30,72; Standardabweichung 5,79.

● Radius-Lunatum-Bewegung:

Der Bewegungsumfang umfaßt 61°, reicht von 47° zu 74°. Varianz 80,67; Standardabweichung 9,38. Damit ist das Radiocarpalgelenk mit 36,79 % an der Gesamtbewegung der Handwurzel beteiligt.

Bei Palmarflexion beschreibt das Lunatum einen Bewegungsaus Schlag von 29°, reicht von 19° zu 40°. Varianz 35,17; Standardabweichung 6,19.

In Dorsalflexion beträgt die Durchschnittsbewegung 32°, reicht von 19° nach 45°. Varianz 48,33; Standardabweichung 7,26.

● **Lunatum-Capitatum-Bewegung:**

Der Bewegungsumfang umfaßt 104,58°, reicht von 93° zu 124°. Varianz 75,74; Standardabweichung 9,09. Damit ist die Lunatum-Capitatum-Bewegung mit 63,21 % an der Gesamtbeweglichkeit der Handwurzel beteiligt.

Bei Palmarflexion umfaßt die LC-Bewegung einen Winkel von 57,75°, reicht von 51° zu 65°. Varianz 26,85; Standardabweichung 5,41.

In Dorsalflexion ergibt sich durchschnittlich ein Winkel von 46,83°, reichend von 29° zu 59°. Varianz 67,47; Standardabweichung 8,58.

Vergleicht man die eben errechneten und beschriebenen Bewegungsausschläge in die Palmar- und Dorsalrichtung, so kann man berechnen, mit welchem Anteil die beiden Handwurzelgelenke an den Flexions-Extensions-Bewegungen beteiligt sind. An der Palmarflexion sind das Radiocarpalgelenk mit 33,62 % und das distale Handgelenk mit 66,38 % beteiligt. Mit 32° stellt das Radiocarpalgelenk 40,34 % und das distale Handgelenk mit 46,83° 59,66 % der Dorsalflexionsbewegung (Abb. 8.1.1.3).

In allen 12 Fällen (100 %) war bei Flexion die Mediocarpalbewegung größer als die Radiocarpalbewegung.

Bei Extension war das Radiocarpalgelenk in 3 Fällen (25 %) stärker an der Bewegung beteiligt als das Mediocarpalgelenk. In 9 Fällen (75 %) waren die Verhältnisse umgekehrt.

● **Radius-Scaphoideum-Bewegung:**

Das Scaphoideum beschreibt in Bezug zum Radius eine Gesamtbewegung von 110,42°.

Die Bewegung bei Flexion in Bezug auf den Radius beträgt 55,42°, reicht von 40° zu 68°. Varianz 80,42; Standardabweichung 9,36.

Bei Extension beträgt die Winkelveränderung 55°, reicht von 48° zu 65°. Varianz 22 und Standardabweichung 4,9.

● **Scaphoideum-Lunatum-Bewegung: Abb. 8.1.1.4**

Das Scaphoideum verändert seine Lage in Bezug zum Lunatum bei Flexion um 24,42°, reichend von 13° zu 34°. Varianz 34,91; Standardabweichung 6,17.

Bei Extension beträgt der Winkel 23,08°, reicht von 13° zu 30°. Varianz 21,24; Standardabweichung 4,81.

In 12 Fällen (100 %) kippt das Scaphoideum sowohl in Flexion als auch in Extension "schneller" nach palmar bzw. dorsal als das Lunatum.

● Scaphoideum-Capitulum-Bewegung: Abb. 8.1.1.4

Die Bewegung zwischen Scaphoideum und Capitulum bei Palmarflexion umfaßt $33,50^\circ$, reicht von 22° bis 41° . Varianz 35,25; Standardabweichung 6,2.

In Extension lautet der Bewegungsumfang $22,58^\circ$, reicht von 12° zu 30° . Varianz 30,24; Standardabweichung 5,74.

In allen 12 Fällen (100 %) rotiert das Scaphoideum langsamer als das Capitulum sowohl in Flexion als auch in Extension. Das heißt, betrachtet man die Bewegung vom Capitulum aus, dann rotiert das Scaphoideum bei Palmarflexion der Hand nach dorsal und bei Dorsalflexion nach palmar! Insgesamt vollziehen natürlich Scaphoideum und Capitulum dieselbe Bewegungsrichtung. Unter "insgesamt" ist zu verstehen, daß man den Radius als festen Bezugspunkt in Betrachtung zieht.

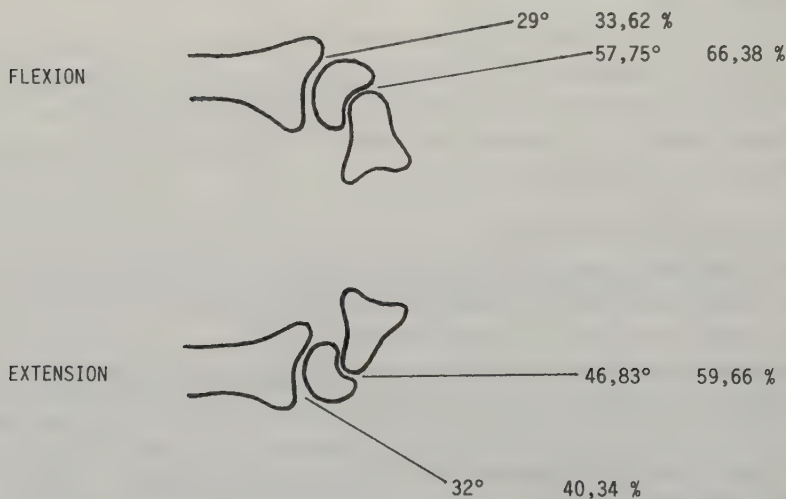


Abb. 8.1.1.3 Verteilung der Bewegung während Flexion und Extension auf Radiocarpal- und Mediocarpalgelenk.

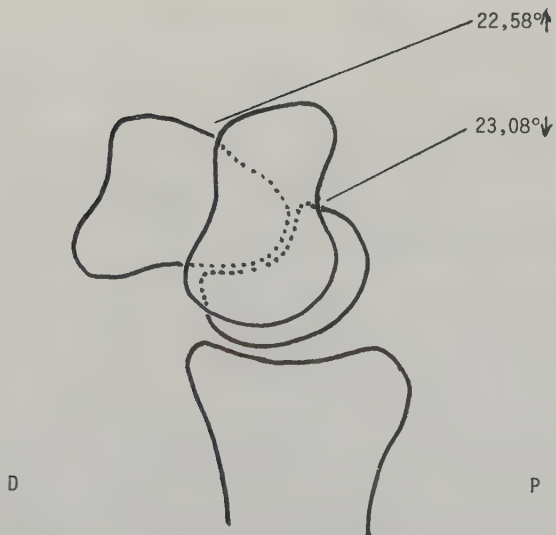
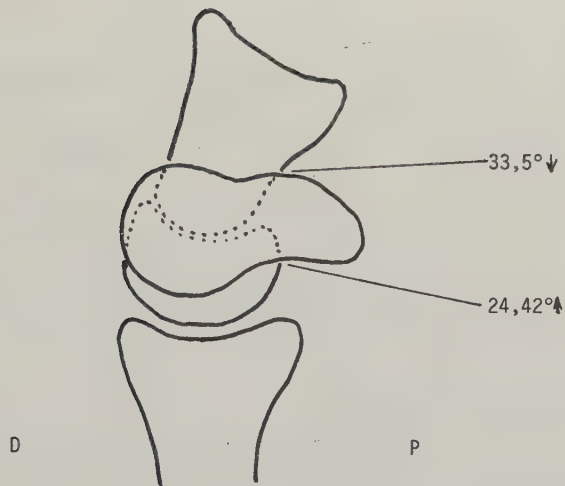


Abb. 8.1.1.4 Bewegung des Scaphoids bei Flexion und Extension gegenüber Capitatum und Lunatum

↑ Winkelzunahme

↓ Winkelabnahme

Handwurzelbewegungen bei Radial- und Ulnarabduktion

● Radius-Capitatum-Bewegung: Abb. 8.1.1.5

Die Addition des RC Winkels-in maximaler Radial- und Ulnarabduktion ergibt den Bewegungsumfang der Handwurzel in radioulnarer Duktion.

Er beträgt durchschnittlich $62,92^\circ$, reicht von 51° zu 77° . Varianz 63,24; Standardabweichung 8,31.

Die Bewegung nach radial umfaßt einen Winkel von $23,17^\circ$, reicht von 17° zu 39° . Varianz 34,47; Standardabweichung 6,13. Die Bewegung nach ulnar ergibt $39,75^\circ$, reicht von 32° zu 47° . Varianz 23,35; Standardabweichung 5,05.

Damit ist die Radialabduktion mit 36,82 % und die Ulnarabduktion mit 63,18 % an der Gesamtbewegung in radioulnarer Richtung beteiligt.

● Radius-Scaphoideum-Bewegung:

Der Ausschlag der Scaphoideum-Achse aus der Neutralstellung beträgt bei Radialabduktion $5,67^\circ$ mit einer Breite von -3° bis zu 18° , Varianz 33,06; Standardabweichung 6,01.

Bei Ulnarabduktion beträgt er $29,17^\circ$, reicht von 17° bis zu 36° . Varianz 28,64; Standardabweichung 5,59.

● Scaphoideum-Capitatum-Bewegung:

In Radialabduktion ergibt sich ein Ausschlag von durchschnittlich $17,67^\circ$, reichend von 3° zu 38° . Varianz 81,22; Standardabweichung 9,41.

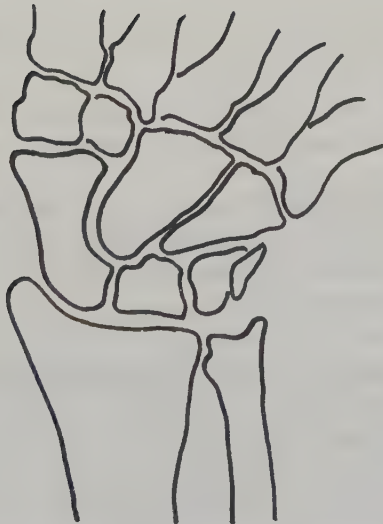
In Ulnarabduktion beträgt die Durchschnittsbewegung $10,50^\circ$, reicht von 3° zu 19° . Varianz 26,42; Standardabweichung 5,37.

RADIALABDUKTION



23,17°
36,82 %

ULNARABDUKTION



39,75°
63,18 %

Abb. 8.1.1.5 Größe und Verteilung der Bewegung in radioulnarer Richtung auf Radial- und Ulnarabduktion.

8.1.2 Volleyballsportler

8.1.2.1 Material: Volleyballsportler

Neben den zuvor beschriebenen und diskutierten 12 gesunden Probanden, bei denen Röntgenaufnahmen angefertigt wurden, stand eine Serie von gehaltenen Aufnahmen von 17 Volleyballern zur Verfügung. Diese Aufnahmen stammen aus einer früheren Arbeit, die zwar begonnen, aber nicht vollendet wurde. Aus zweierlei Gründen entschloß man sich, trotz dieser beachtlichen Zahl von 17 Personen eigene Probanden zu suchen und Aufnahmeserien anzufertigen: Erstens war durchaus zu erwarten, daß Sportler, die sich jahrelang intensiv mit dem Volleyballsport beschäftigen, gewisse Veränderungen an der Hand bezüglich Bandlockerungen, Gelenkveränderungen o.ä. zeigten und so nicht als gesunde Normalpersonen gelten dürften.

Zweitens waren damals keine Aufnahmen in Neutral-Null-Stellung gefertigt worden, so daß es nicht möglich ist, Lagebeziehungen der Karpalknochen in der Nullstellung anzugeben. Es lassen sich lediglich die Winkel in maximaler Flexion, Extension, Radial- und Ulnarabduktion angeben.

Bei Bewegungen beschränken sich die Aussagen auf Gesamtbewegungen in einer Ebene. Differenzierte Bewegungsmaße, beispielsweise aufgeteilt in Flexion und Extension, sind nicht anzugeben.

Vor diesen Überlegungen ist die gegenüber den Normalpersonen etwas eingeschränkte Beschreibung der Ergebnisse der Winkelmessungen zu verstehen.

Bei den untersuchten Personen handelt es sich um 17 Sportler, die als Volleyballer bereits 2 - 8 Jahre im Training stehen. Darunter waren 11 männliche und 6 weibliche Spieler. Deren Durchschnittsalter betrug 26 Jahre und bewegte sich zwischen 21 und 30 Jahre.

8.1.2.2 Meßergebnisse: Winkel, Bewegung, Mittelwerte

Tab. 8.1.2.1 - 8.1.2.2

Y-O-L-L-E-E-Y-B-A-L-L-E-B (n=17)

Winkel

NME	$\sum$ $\star$ RC	r $\star$ RC	$\sum$ $\star$ RC	$\star$ RC	$\star$ RL	$\star$ RL	$\sum$ $\star$ LC	$\star$ LC	$\star$ SL	$\star$ SR	$\star$ SC
B m 26	29	24-0-5	151	77-0-74	57	22-0-35	94	55-0-39	73 25	95-0-11	18 64
B m 27	52	21-0-31	162	81-0-81	55	35-0-20	107	46-0-61	68 22	103-1-0	22 83
D m 23	63	21-0-42	157	79-0-78	55	25-0-30	102	54-0-48	73 27	98-0-3	19 75
E w 24	70	23-0-47	176	85-0-91	75	39-0-36	101	46-0-55	61 20	100-0-16	15 75
K m 30	71	29-0-42	185	88-0-97	83	39-0-44	102	49-0-53	58 20	102-0-22	9 73
K w 27	59	25-0-34	168	86-0-82	80	37-0-43	88	49-0-39	67 34	105-0-9	18 73
K m 28	39	17-0-22	154	80-0-74	79	51-0-28	75	29-0-46	57 34	108-5-0	28 80
K m 27	50	16-0-34	153	67-0-86	70	32-0-38	83	35-0-48	51 26	84-0-11	16 74
K m 24	40	15-0-25	150	76-0-74	71	34-0-37	79	42-0-37	67 33	120-0-3	25 70
L m 28	67	28-0-39	181	89-0-92	86	42-0-44	95	47-0-48	62 16	109-0-27	15 64
M m 25	57	18-0-39	151	76-0-75	77	41-0-36	74	35-0-39	62 33	102-0-2	27 72
P w 24	58	18-0-40	181	95-0-86	80	51-0-29	101	44-0-57	65 18	115-0-11	21 75
S m 26	69	28-0-41	163	89-0-74	88	49-0-39	75	40-0-35	56 28	105-0-11	16 63
S w 25	63	19-0-44	170	82-0-88	75	34-0-41	95	48-0-47	71 34	104-0-7	23 81
S w 29	43	14-0-29	155	82-0-73	60	32-0-28	95	50-0-45	74 29	105-0-0	24 74
W m 28	56	24-0-32	162	79-0-83	74	33-0-41	88	46-0-42	69 35	102-0-5	23 77
W w 21	54	17-0-37	173	90-0-83	74	37-0-37	99	53-0-46	70 29	107-0-8	17 75

Tab. 8.1.2.1 Winkel

VOLLEYBALLER

Mittelwerte

Winkel

	$\star_{RC}$ Σ	R	$\star_{RC}$ U	$\star_{RC}$ Σ	$\star_{RC}$ P	D	$\star_{RL}$ Σ	$\star_{RL}$ P	D	$\star_{LC}$ Σ	$\star_{LC}$ P	D
Mittelwert $\bar{m}$	55,29	21	34,29	164,24	82,41	81,82	72,88	37,24	35,65	91,35	45,18	46,18
Varianz γ	136,09	21,41	96,68	102,34	43,18	51,67	102,34	61,24	41,76	108,46	47,56	50,26
Standardabweichung σ	12,02	4,77	10,14	10,43	6,77	7,41	10,34	2,07	6,66	10,74	7,11	7,31

	$\star_{SL}$ P	D	$\star_{SR}$ P	D	$\star_{SC}$ P	D
Mittelwert $\bar{m}$	64,94	27,24	102,71	8,24d	19,76	73,41
Varianz γ	42,76	36,53	40,91	62,77	23,36	30,36
Standardabweichung σ	6,74	6,23	6,59	8,17	4,98	5,68

Tab. 8.1.2.2 Mittelwerte - Winkel

8.1.2.3 Beschreibung der Ergebnisse
Tab. 8.1.2.1 und Tab. 8.1.2.2

W I N K E L

Handwurzel in seitlicher Aufnahme

Handwurzel in maximaler Flexion bzw. Extension:

● Radius-Lunatum-Winkel:

In größter Palmarflexion beträgt der Winkel $37,24^\circ$, reicht von 22° bis 51° . Varianz 61,24; Standardabweichung 2,07.

In maximaler Dorsalflexion oder Extension beträgt der Durchschnittswinkel $35,65^\circ$, reicht von 20° bis 44° . Varianz 41,76; Standardabweichung 6,66.

● Lunatum-Capitatum-Winkel:

In größter Palmarflexion beträgt der Winkel durchschnittlich $45,18^\circ$, reicht 29° bis 55° . Varianz 47,56; Standardabweichung 7,11.

In maximaler Dorsalflexion lautet der Durchschnittswinkel $46,18^\circ$, umfaßt eine Spannweite von 35° bis 61° . Varianz 50,26; Standardabweichung 7,31.

● Radius-Capitatum-Winkel:

In maximaler Flexion nach palmar ergibt sich ein durchschnittlicher Winkel von $82,41^\circ$, reicht von 67° bis 95° . Varianz 43,18; Standardabweichung 6,77.

In Dorsalflexion beträgt der Durchschnittswinkel $81,82^\circ$, reicht von 73° bis 97° . Varianz 51,67; Standardabweichung 7,41.

● Radius-Scaphoideum-Winkel:

Der durchschnittliche Winkel bei Palmarflexion beträgt $102,71^\circ$, reicht von 84° bis 115° . Varianz 40,91; Standardabweichung 6,59.

Bei Extensionsbewegungen nähert sich das Scaphoid der Radiusachse, kippt mit Ausnahme zweier Fälle bis in dorsalflektierte Stellung, so daß sich ein durchschnittlicher dorsalflektierter Winkel von $8,24^\circ$ ergibt und von 5° palmarflektiert bis 27° dorsalflektiert reicht. Varianz 62,77; Standardabweichung 8,17.

● Lunatum-Scaphoideum-Winkel:

In Palmarflexion lautet der Durchschnittswinkel $64,94^\circ$, reicht von 51° bis

74°. Varianz 42,76; Standardabweichung 6,74.

Bei Dorsalflexion erhält man einen Winkel von 27,24°, welcher von 16° bis 35° reicht. Varianz 36,53; Standardabweichung 6,23.

● **Capitatum-Scaphoideum-Winkel:**

In Palmarflexion ergibt sich ein Durchschnittswinkel von 19,76°, er reicht von 9° bis 28°. Varianz 23,36; Standardabweichung 4,98.

In Dorsalflexion zeigt sich ein Winkel von 73,41°, von 63° bis 83°. Varianz 30,36; Standardabweichung 5,68.

Handwurzel in P.A.-Aufnahme
=====

Handwurzel in maximaler Radial- bzw. Ulnarabduktion

● **Radius-Capitatum-Winkel:**

In maximaler Radialabduktion erhält man einen Winkel von 21°, reicht von 14° zu 29°. Varianz 21,41; Standardabweichung 4,77.

Bei extremer Ulnarabduktion liest man einen Winkel von durchschnittlich 34,29°, er umfaßt eine Gruppe von 5° bis 47°. Varianz 96,68; Standardabweichung 10,14.

● **Radius-Scaphoideum-Winkel:**

Der Durchschnittswinkel lautet bei Radialabduktion auf 53,41°, reichend von 35° zu 64°. Varianz 57,3; Standardabweichung 7,8.

Für die Ulnarabduktion ergibt sich ein Winkel von durchschnittlich 16,53°, er reicht von 6° zu 28°. Varianz 43,07; Standardabweichung 6,76.

● **Scaphoideum-Capitatum-Winkel:**

Der durchschnittliche Winkel in maximaler Radialabduktion beträgt 32,35°, reicht von 17° zu 44°. Varianz 47,89; Standardabweichung 7,09.

In größter Ulnarabduktion ergibt sich ein Winkel von 50,65°, reichend von 33° zu 65°. Varianz 54,82; Standardabweichung 7,63.

Handwurzelbewegung bei Palmar- und Dorsalflexion

● Radius-Capitatum-Bewegung:

Der Bewegungsumfang der Handwurzel ergibt sich aus der Addition der Winkel, die der Radius mit dem Capitatum in maximaler Flexion und in maximaler Extension beschreibt. Als durchschnittliches Bewegungsausmaß in der Flexions-Extensions-Richtung ergibt sich ein Winkel von $164,24^\circ$, er reicht von 150° bis zu 185° . Varianz 128,77; Standardabweichung 11,7.

● Radius-Lunatum-Bewegung:

Der Bewegungsumfang umfaßt $72,88^\circ$, reicht von 55° zu 88° , Varianz 102,34; Standardabweichung 10,43. Damit ist das Radiocarpalgelenk mit 44,37 % an der Gesamtbewegung der Handwurzel beteiligt.

● Lunatum-Capitatum-Bewegung:

Der Bewegungsumfang beträgt $91,35^\circ$, reicht von 74° zu 107° . Varianz 108,46; Standardabweichung 10,74. Damit ist die Lunatum-Capitatum-Bewegung, die das Mediocarpalgelenk repräsentiert, mit 55,63 % an der Gesamtbewegung der Handwurzel beteiligt.

● Radius-Scaphoideum-Bewegung:

Das Scaphoideum beschreibt in Bezug auf den Radius eine Gesamtbewegung von $110,95^\circ$.

● Scaphoideum-Lunatum-Bewegung:

Die Beweglichkeit zwischen Lunatum und Scaphoideum entspricht einem Winkel von $37,70^\circ$.

● Scaphoideum-Capitatum-Bewegung:

Die Bewegung zwischen Capitatum und Scaphoideum umfaßt einen Winkel von insgesamt $53,65^\circ$.

Handwurzelbewegungen bei Radial- und Ulnarabduktion

● Radius-Capitatum-Bewegung:

Die Addition des RC-Winkels in maximaler Radial- und Ulnarabduktion ergibt den Bewegungsumfang der Handwurzel in radioulnarer Duktion.

Er beträgt durchschnittlich $55,29^\circ$, reicht von 29° zu 71° . Varianz 136,09; Standardabweichung 12,02.

Die Bewegung nach radial umfaßt einen Winkel von 21° , reicht von 14° zu 29° . Varianz 21,41; Standardabweichung 4,77.

Die Bewegung nach ulnar ergibt $34,29^\circ$, reicht von 5° zu 47° . Varianz 96,68; Standardabweichung 10,14.

Damit ist die Radialabduktion mit 37,98 % und die Ulnarabduktion mit 62,02 % an der Gesamtbewegung in radioulnarer Richtung beteiligt.

8.2 PROTHESENTRÄGER

8.2.1 Scaphoid-Vollprothesen

8.2.1.1 Material: Patienten

Zur Nachuntersuchung erschienen 12 Patienten mit Scaphoid-Vollprothesen, wobei zwei Personen zunächst eine prox. Teilprothese implantiert bekamen. Unter den 12 Patienten befanden sich zwei Frauen sowie 10 Männer, das Durchschnittsalter betrug 45,17 Jahre, der jüngste war 20, der älteste 76 Jahre. Die Patienten sind seit mindestens 6 und längstens 24 Monate Prothesenträger, durchschnittlich 13,3 Monate.

Für das Verständnis der unterschiedlichen Patientenzahlen in den nachfolgenden Tabellen und Messungen ist folgendes vorauszuschicken: Die verringerte Patientenzahl bei einigen Messungen ist darauf zurückzuführen, daß entweder eine Luxation oder eine zu starke Überlagerung mit den übrigen Carpalknochen eine exakte Achsenzeichnung in der einen oder anderen Ansicht verhinderte. Bei den Bewegungsmessungen kommt hinzu, daß Patienten, bei denen das Capitatum mehr als 19° gegen den Radius nach dorsal flektiert in Neutralstellung vorlag, aus den Berechnungen entfernt worden sind, da ansonsten eine zu große Beeinflussung der Ergebnisse unumgänglich gewesen wäre.

8.2.1.2 Meßergebnisse: Winkel, Bewegung, Mittelwerte

Tab. 8.2.1.1 - 8.2.1.4 (Bildfolge 3)

Winkel

NAME	$\angle$ KRC	$\angle$ KRC r u	$\angle$ KRC p d	$\angle$ RL p d	$\angle$ RL p d	$\angle$ LC p d	$\angle$ SL p d	$\angle$ SR p d	$\angle$ SC p d	$\angle$ SC r u	$\angle$ SR r u	$\angle$ LC in NN	$\angle$ LR in NN	$\angle$ RC in NN		
A.J. m 20	34	14-0-20	77	38-0-39	26	0-4-30	51	42-0-9	98 [*] 60 [*] 42 [*]	80 [*] 33 [*] 13 [*]	42 [*] 46 [*] 52 [*]	45-49-52	60-49-30	15p	28d	13d
B.M. w 57	32	12-0-20	52	19-0-33	16	0-7-23	36	26-0-10	115-107-96	109-85-71	90-98-104	31 [*] 49 [*] 56 [*]	45 [*] 36 [*]	10p	23d	13d
C.D. m 49	23	0-0-23	120	43-0-77	45	15-0-30	75	28-0-47	101-101-84	115-82-54	72-125-131	60 [*] 77 [*]	60 [*] 53 [*]	15p	28d	43d
D.G. m 54	37	0-0-37	92	39-0-53	26	0-1-27	67	41-0-26	134-64-41	134-39-13	95-47-66	42-45-56	42-56-19	16p	24d	8d
F.B. m 34	51	23-0-28	86	20-0-66	21	0-0-21	65	20-0-45	86-66-45	86-50-24	66-68-90	33-48-52	56-48-23	2d	16d	18d
G.K. w 53	34	7-0-27	99	32-0-67	17	0-20-37	82	52-0-30	123 [*] 118 [*] 92 [*]	113 [*] 87 [*] 55 [*]	81 [*] 77 [*] 122 [*]	62 [*] 59-80	70 [*] 59-52	30p	30d	0
H.L. m 29	36	9-0-27	93	27-0-66	36	9-0-27	57	18-0-39	69- -15	79- -11	52- -55	39-44-47	48-44-19	3p	18d	15d
H.T. m 38	27	9-0-18	64	21-0-43	22	0-11-33	41	31-0-10	105-105-81	93-75-48	72-82-91	52-56-59	61-56-31	24p	31d	7d
H.H. m 36	41	11-0-30	86	33-0-53	32	0-2-34	54	35-0-19	167 [*] 122 [*] 120 [*]	164 [*] 92 [*] 86 [*]	131 [*] 125 [*] 139 [*]	49-52-66	60-52-36	13d	20d	33d
K.N. m 41	32	11-0-21	99	25-0-64	32	0-2-34	57	27-0-30	98-90-58	97-65-25	72-84-91	50-52-58	59-52-37	7p	26d	19d
O.G. m 76	28	13-0-15	64	17-0-47	23	0-5-28	41	22-0-19	73 [*] 66 [*] 72 [*]	68 [*] 43 [*] 0 [*]	52 [*] 50 [*] 46 [*]	43-48-49	56-48-32	15p	23d	8d
W.J. m 55	15	6-0-9	33	15-0-18	13	0-16-29	21	31-11-0	124 [*] 110-92	118-86-85	103-86-103	36-43-30	43-43-21	22p	22d	0

*: Scaphoid-Vollprothesen-Achse ist nicht sicher bestimmbar.

SCAPHOID-VOLLPROTHESEN (Bildfolge 3)

Mittelwerte

Winkel

	$\bar{x}_{RC}$ $\leq$	$\bar{x}_{RC}$ n	$\bar{x}_{RC}$ $\leq$	$\bar{x}_{RC}$ D	$\bar{x}_{RC}$ d	$\bar{x}_{RL}$ $\leq$	$\bar{x}_{RL}$ D	$\bar{x}_{RL}$ d	$\bar{x}_{LC}$ $\leq$	$\bar{x}_{LC}$ D	$\bar{x}_{LC}$ d	
Mittelwert	32,5	9,58	23	80,42	27,42	52,17	25,75	3,67d	29,42	53,92	31,09	22,75
Varianz	74,92	35,41	49,5	518,24	81,41	264,97	77,69	85,06	19,91	274,41	91,58	262,02
Standard- abweichung	9,04	6,22	7,35	23,78	9,42	17	9,21	9,63	4,66	17,30	10,00	16,91

	$\bar{x}_{SL}$ n	$\bar{x}_{SL}$ d	$\bar{x}_{SR}$ n	$\bar{x}_{SR}$ d	$\bar{x}_{SC}$ n	$\bar{x}_{SC}$ d			
Mittelwert	109	91,86	71	108,86	68,86	45,71	81,43	84,26	96,57
Varianz	230,86	323,27	440	187,27	289,55	603,92	175,39	501,35	331,67
Standardabweichung	16,41	19,42	22,66	14,78	18,38	26,54	14,3	24,18	19,67

	$\bar{x}_{SC}$ n	2) u	$\bar{x}_{SR}$ n	2) u	$\bar{x}_{LC}$ in N.N.	$\bar{x}_{LR}$ in N.N.	$\bar{x}_{RC}$ in N.N.		
Mittelwert	43,22	48,56	52,11	53,89	48,56	27,56	9,33p	24,08d	14,75d
Varianz	37,28	16,02	90,54	50,54	16,02	45,36	181,39	20,24	146,02
Standardabweichung	6,48	4,25	10,09	7,54	4,25	7,14	14,07	4,7	12,62

1): n = 7
2): n = 9

Tab. 8.2.1.3 Mittelwerte - Winkel

SCAPHOID-VOLLPROTHESSEN

Mittelwerte

Bewegung	RC 1)		RL 1)		LC 1)		SL 2)		SR 2)		SC 2)	
	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D
Mittelwert $\bar{m}$	35,4	39,5	18,7	4,5	17	34,7	20	21,5	39,5	22,33	-5,67	13,33
Varianz σ^2	110,44	205,85	36,61	7,85	49,2	171,41	537,33	40,25	651,25	147,56	468,22	38,89
Standardabweichung σ	11,08	15,12	6,38	2,95	7,39	13,8	25,39	6,95	27,96	13,31	23,7	6,83

SC 3)		SR 3)	
R	U	R	U
Mittelwerte $\bar{m}$	5,33 3,56	5,33 21	
Varianz σ^2	13,56 50,25	17,33 18,22	
Standardabweichung σ	3,91 7,52	4,42 4,53	

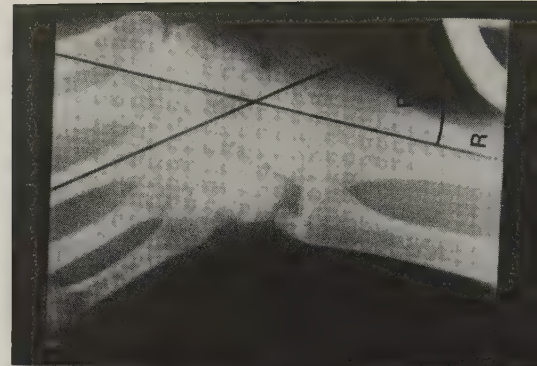
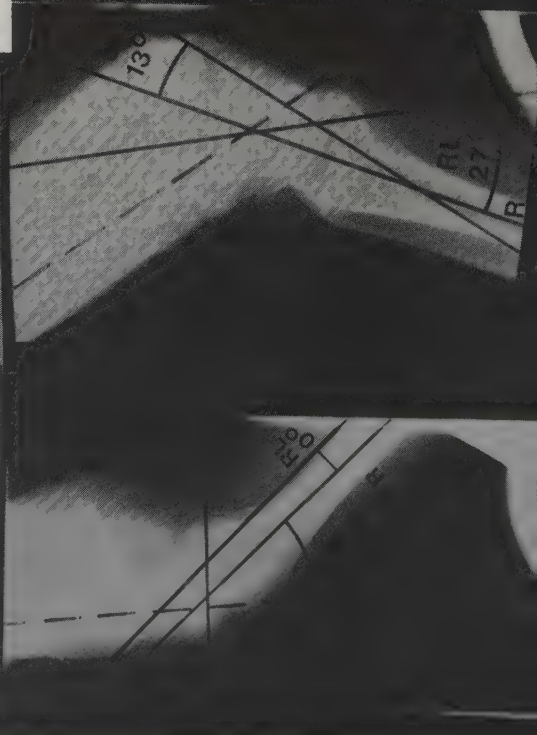
- 1): n = 10
 2): n = 6
 3): n = 9

Tab. 8.2.1.4 Mittelwerte - Bewegung ..

Bildfolge 3

Funktionelle Aufnahmen einer Hand mit einer Scaphoid-Vollprothese

- A,B) Hand in Neutralstellung im posteroanterioren bzw. seitlichen Strahlengang: SR=39°: Prothese etwas dorsalflektiert, sonst regelrechter Sitz.
- C) Hand in maximaler Palmarflexion
- D) Hand in maximaler Dorsalflexion
- E) Hand in maximaler Radialabduktion: keine Bewegung nach radial möglich
- F) Hand in maximaler Ulnarabduktion



8.2.1.3 Beschreibung der Ergebnisse

Tab. 8.2.1.1 - 8.2.1.4

W I N K E L

Handwurzel in seitlicher Aufnahme

Handwurzel in Neutralstellung

● Radius-Lunatum-Winkel: Abb. 8.2.1.1

Das Lunatum ist dorsalrotiert, d.h. in Extensionsstellung in allen 12 Fällen (100 %).

Der Durchschnittswinkel für die dorsalrotierten Fälle beträgt $24,08^\circ$ und umfaßt eine Breite von 16° bis 31° . Dies entspricht einer Varianz von 20,24 und einer Standardabweichung von 4,7.

● Lunatum-Capitatum-Winkel: Abb. 8.2.1.1

Das Capitatum ist in Bezug zu Lunatum palmarrotiert in 9 Fällen (75 %). Es steht in Extensionsstellung in 3 Fällen (25 %).

Der Durchschnittswinkel für die palmarflektierten Fälle beträgt $15,78^\circ$, umfaßt eine Breite von 3° zu 24° . Varianz 64,84; Standardabweichung 8,54.

Der Durchschnittswinkel für die dorsalflektierten Fälle beträgt 10° , reicht von 2° bis 15° . Varianz 32,67; Standardabweichung 7.

● Radius-Capitatum-Winkel: Abb. 8.2.1.1

Das Capitatum steht coaxial mit dem Radius in 2 Fällen (16,67 %) und in Extensionsstellung in 10 Fällen (83,33 %). Der Durchschnittswinkel für die dorsalflektierten Fälle beträgt $17,7^\circ$, reicht von 7° bis 43° . Varianz 123,01; Standardabweichung 11,69.

● Radius-Scaphoideum-Winkel: Abb. 8.2.1.2

In Neutralstellung ist das os scaphoideum palmarflektiert. Der durchschnittliche Flexionswinkel beträgt $68,86^\circ$ und umfaßt eine Breite von 39° bis 86° . Dies entspricht einer Varianz von 289,55 und einer Standardabweichung von 18,38.

● Lunatum-Scaphoideum-Winkel: Abb. 8.2.1.2

Das Scaphoid ist gebeugt mit einem Durchschnittswinkel von $91,86^\circ$ und reicht

WINKEL	NEUTRALSTELLUNG	PALMARFLEXION	DORSALFLEXION
Radius-Lunatum			 100 % 24,08°
Lunatum-Capitatum		 75 % 15,78°	 25 % 10°
Radius-Capitatum	 16,67 % 0°		 83,33 % 17,7°

Abb. 8.2.1.1 Handwurzel in Neutralstellung - Vollprothesen

von 64° bis 110°. Varianz 323,27; Standardabweichung 19,42.

● **Capitatum-Scaphoideum-Winkel:** Abb. 8.2.1.2

Der Durchschnittswinkel beträgt 84,26°, umfaßt eine Spannweite von 47° bis 125°. Als Varianz ergibt sich 501,35 und als Standardabweichung resultiert 24,18.

Handwurzel in maximaler Flexion bzw. Extension

● **Radius-Lunatum-Winkel:**

In größter Palmarflexion beträgt der Winkel 3,67° dorsalflektiert, reicht von 20° dorsalrotiert bis 15° palmarflektiert. Varianz 85,06; Standardabweichung 9,63.

Nur in 2 Fällen (16,67 %) gelingt es, das Lunatum in palmarflektierte Stellung zu bringen.

In maximaler Extension oder Dorsalflexion beträgt der Durchschnittswinkel 29,42°, reicht von 21° bis 37°. Varianz 19,91; Standardabweichung 4,66.

● **Lunatum-Capitatum-Winkel:**

In größter Palmarflexion beträgt der Winkel durchschnittlich 31,09°, reicht von 18° bis 52°. Varianz 91,58; Standardabweichung 10,00.

In maximaler Dorsalflexion lautet der Durchschnittswinkel 22,75°, umfaßt eine Spannweite von 11° palmarrotiert bis 47°. Varianz 262,02; Standardabweichung 16,91.

In einem Fall besteht eine "zig-zag"-Deformität selbst in maximaler Dorsalflexion: Das Lunatum ist hier dorsalflektiert, das Capitatum in Bezug zum Lunatum palmarflektiert!

● **Radius-Capitatum-Winkel:**

Dieser Winkel entspricht gewissermaßen der Summe von proximalen und distalem Handgelenk bei Palmar- und Dorsalflexion.

In maximaler Palmarflexion ergibt sich ein durchschnittlicher Winkel von 27,42°, reicht von 15° bis 43°. Varianz 81,41; Standardabweichung 9,42.

In Dorsalflexion beträgt der Durchschnittswinkel 52,17°, reicht von 18° bis 77°. Varianz 264,97; Standardabweichung 17,00.

● **Radius-Scaphoideum-Winkel:**

Bei Palmarflexion kippt das Scaphoid normalerweise noch weiter nach palmar. Der durchschnittliche Winkel beträgt 108,86°, reicht von 86° bis 134°. Varianz 187,27; Standardabweichung 14,78.

Radius - Prothese	 68,86°
Lunatum - Prothese	 91,86°
Capiatum - Prothese	 84,24°

Abb. 8.2.1.2 Lage der Prothese bzgl. Radius, Lunatum und Capitatum

Bei Extensionsbewegung nähert sich das Scaphoid der Radiusachse, so daß sich ein durchschnittlicher palmarflektierter Winkel von $45,71^\circ$ ergibt und von 13° bis 85° reicht. Varianz 603,92; Standardabweichung 26,54.

● Lunatum-Scaphoideum-Winkel:

In Palmarflexion lautet der Durchschnittswinkel 109° , reicht von 86° bis 134° . Varianz 230,86; Standardabweichung 16,41.

Bei Dorsalflexion erhält man einen Winkel von 71° , welcher von 41° bis 96° reicht. Varianz 440; Standardabweichung 22,66.

● Capitatum-Scaphoideum-Winkel:

In Palmarflexion ergibt sich ein Winkel von durchschnittlich $81,43^\circ$, er reicht von 66° bis 103° , Varianz 175,39; Standardabweichung 14,3. In Dorsalflexion zeigt sich ein Winkel von $96,57^\circ$, 66° bis 131° . Varianz 331,67; Standardabweichung 19,67.

Handwurzel in P.A.-Aufnahme

Handwurzel in Neutralaufnahme

● Radius-Capitatum-Winkel:

In Neutralstellung stehen in allen 12 Fällen (100 %) die beiden Achsen coaxial zueinander.

● Radius-Scaphoideum-Winkel:

Das Scaphoideum ist in Relation zur Radiusachse radialwärts gekippt und zeigt in Neutralstellung einen Winkel von $48,56^\circ$, welcher reicht von 43° bis 56° . Varianz 16,02; Standardabweichung 4,25.

● Scaphoideum-Capitatum-Winkel:

Das Scaphoideum ist radial gekippt. Der Durchschnittswinkel, den die Scaphoid-Achse mit der Capitatum-Metacarpale III-Achse einschließt, lautet auf $48,56^\circ$, reicht von 43° zu 56° . Varianz 16,02; Standardabweichung 4,25.

Handwurzel in maximaler Radial- bzw. Ulnarabduktion

● Radius-Capitatum-Winkel:

In maximaler Radialabduktion erhält man einen Winkel von $9,58^\circ$, reicht von 0° zu 23° . Varianz 35,41; Standardabweichung 6,22.

Bei extremer Ulnarabduktion liest man einen Winkel von durchschnittlich 23° , er umfaßt eine Gruppe von 9° bis 37° . Varianz 49,5; Standardabweichung 7,35.

● Radius-Scaphoideum-Winkel:

Der Durchschnittswinkel lautet bei Radialabduktion auf $53,89^{\circ}$, reichend von 42° zu 61° . Varianz 50,54; Standardabweichung 7,54.

Für die Ulnarabduktion ergibt sich ein Winkel von durchschnittlich $27,56^{\circ}$, er reicht von 19° zu 37° . Varianz 45,36; Standardabweichung 7,14.

● Scaphoideum-Capitatum-Winkel:

Der durchschnittliche Winkel in maximaler Radialabduktion beträgt $43,22^{\circ}$, reicht von 33° zu 52° . Varianz 37,28; Standardabweichung 6,48. In größter Ulnarabduktion ergibt sich ein Winkel von $52,11^{\circ}$, reichend von 30° zu 66° . Varianz 90,54; Standardabweichung 10,09.

B E W E G U N G

Handwurzelbewegung in Palmar- und Dorsalflexion

● Radius-Capitatum-Bewegung:

Als durchschnittliches Flexions-Extensions-Bewegungsausmaß ergibt sich ein Winkel von $80,42^{\circ}$, er reicht von 33° bis 120° . Varianz 518,24; Standardabweichung 23,78.

Die durchschnittliche Flexionsbewegung beträgt $35,4^{\circ}$, reicht von 15° zu 51° . Varianz 110,44; Standardabweichung 11,08. Die durchschnittliche Extensionsbewegung lautet $39,5^{\circ}$, reicht von 18° zu 67° . Varianz 205,85; Standardabweichung 15,123.

● Radius-Lunatum-Bewegung:

Der Bewegungsumfang umfaßt $25,75^{\circ}$, reicht von 13° zu 45° . Varianz 77,69; Standardabweichung 9,21. Damit ist das Radiocarpalgelenk mit 32,02 % an der Gesamtbewegung der Handwurzel beteiligt.

Bei Palmarflexion beschreibt das Lunatum einen Bewegungsausschlag von $18,7^{\circ}$, reicht von 7° zu 34° . Varianz 36,61; Standardabweichung 6,38.

In Dorsalflexion beträgt die Durchschnittsbewegung $4,50^{\circ}$, reicht von 0° nach 9° . Varianz 7,85; Standardabweichung 2,95.

● **Lunatum-Capitatum-Bewegung:**

Der Bewegungsumfang umfaßt 53,92°, reicht von 21° zu 82°. Varianz 274,41; Standardabweichung 17,30. Damit ist die Lunatum-Capitatum-Bewegung mit 67,98 % an der Gesamtbeweglichkeit der Handwurzel beteiligt.

Bei Palmarflexion umfaßt die LC-Bewegung einen Winkel von 17°, reicht von 7° zu 27°. Varianz 49,2; Standardabweichung 7,39.

In Dorsalflexion ergibt sich durchschnittlich ein Winkel von 34,70°, reichend von 11° zu 60°. Varianz 171,41; Standardabweichung 13,80.

Vergleicht man die eben errechneten und beschriebenen Bewegungsausschläge in die Palmar- oder Dorsalrichtung, so kann man berechnen, mit welchem Anteil die beiden Handwurzelgelenke an den Flexions-Extensions-Bewegungen beteiligt sind. An der Palmarflexion sind das Radiocarpalgelenk mit 52,38 % und das distale Handgelenk mit 47,62 % beteiligt. Mit 4,5° stellt das Radiocarpalgelenk 12,15 % und das distale Handgelenk mit 34,7° 87,85 % der Dorsalflexionsbewegung Abb. 8.2.1.3 .

In 5 Fällen war bei Flexion die Radiocarpalbewegung größer als die Mediocarpalbewegung. In 4 Fällen herrschten umgekehrte Verhältnisse. Gleichheit gab es bei einer Person.

Bei Extension war das Mediocarpalgelenk in allen 10 Fällen stärker an der Bewegung beteiligt als das Radiocarpalgelenk.

● **Radius-Scaphoideum-Bewegung:**

Das Scaphoideum beschreibt in Bezug auf den Radius eine Gesamtbewegung von 61,83°. Die Bewegung bei Flexion in Bezug auf den Radius beträgt 39,5°, reicht von 18° zu 95°. Varianz 651,25; Standardabweichung 27,96.

Bei Extension beträgt die Winkelveränderung 22,33°, reicht von 1° zu 40°. Varianz 147,56; Standardabweichung 13,31.

● **Scaphoideum-Lunatum-Bewegung:** Abb. 8.2.1.4

Das Scaphoideum verändert seine Lage bezüglich des Lunatums bei Flexion um 20°, reichend von 0° zu 70°. Varianz 537,33; Standardabweichung 25,39.

Bei Extension beträgt der Winkel 21,5°, reicht von 11° zu 32°. Varianz 40,25; Standardabweichung 6,95.

In allen Fällen kippt das Scaphoid sowohl in Flexion als auch in Extension "schneller" nach palmar bzw. dorsal als das Lunatum.

● Scaphoideum-Capitatum-Bewegung: Abb. 8.2.1.4

Die Bewegung zwischen Scaphoid und Capitatum bei Palmarflexion umfaßt in den Fällen, an denen das Scaphoid regelrecht langsamer rotiert als das Capitatum 8°, reichend von 2° zu 12°. Varianz 14; Standardabweichung 4,32.

In Extension lautet der Bewegungsumfang 13,32°, reicht von 6° zu 22°. Varianz 38,89; Standardabweichung 6,83.

In 2 Fällen kippt das Scaphoid "schneller" nach palmar als das Capitatum. In 4 Fällen rotiert das Scaphoid langsamer als das Capitatum. Bei der Extension kippt das Scaphoid in allen 6 Fällen langsamer als das Capitatum.

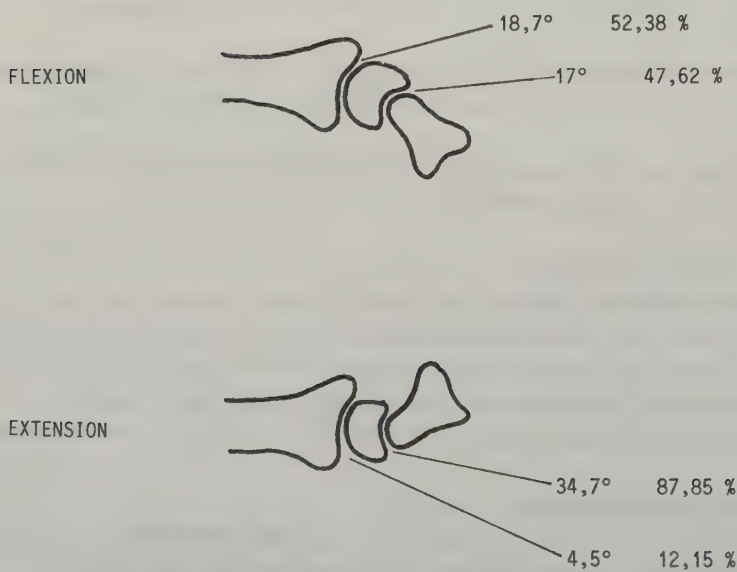


Abb. 8.2.1.3 Verteilung der Bewegung während Flexion und Extension auf Radiocarpal- und Mediocarpalgelenk.

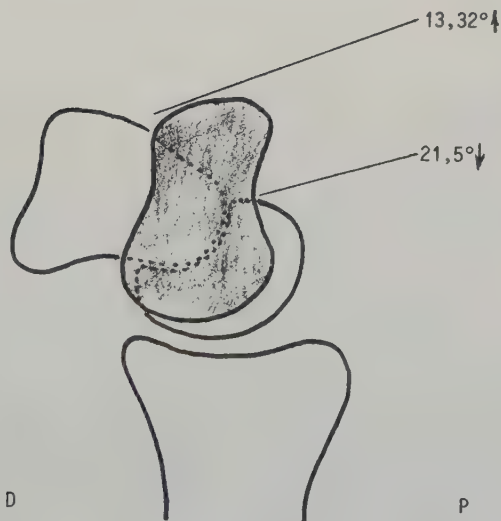
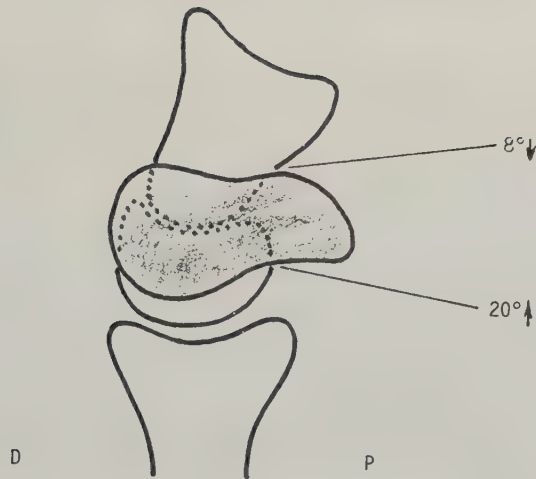


Abb. 8.2.1.4 Bewegung der Prothese bei Flexion und Extension gegenüber Capitatum und Lunatum

↑ Winkelzunahme

↓ Winkelabnahme

Handwurzelbewegungen bei Radial- und Ulnarabduktion

● Radius-Capitatum-Bewegung:

Der Bewegungsumfang der Handwurzel in radioulnarer Duktion beträgt durchschnittlich $32,5^\circ$, reicht von 15° zu 51° . Varianz 74,92; Standardabweichung 9,04.

Die Bewegung nach radial umfaßt einen Winkel von $9,58^\circ$, reicht von 0° zu 23° . Varianz 35,41; Standardabweichung 6,22.

Die Bewegung nach ulnar ergibt 23° , reicht von 9° zu 37° . Varianz 49,5; Standardabweichung 7,35.

Damit ist die Radialabduktion mit 29,23 % und die Ulnarabduktion mit 70,76 % an der Gesamtbewegung im radioulnaren Bereich beteiligt.

● Radius-Scaphoideum-Bewegung:

Der Ausschlag der Scaphoid-Achse aus der Neutralstellung beträgt bei Radialabduktion $5,33^\circ$ mit einer Breite von -3° bis zu 11° . Varianz 17,33; Standardabweichung 4,42.

Bei Ulnarabduktion beträgt er $21,00^\circ$, reicht von 15° bis zu 26° . Varianz 18,22; Standardabweichung 4,53.

● Scaphoideum-Capitatum-Bewegung:

In Radialabduktion ergibt sich ein Ausschlag von durchschnittlich $5,33^\circ$, reichend von 2° zu 15° . Varianz 13,56; Standardabweichung 3,91.

In Ulnarabduktion beträgt die Durchschnittsbewegung $3,56^\circ$, reicht von -13° zu 14° . Varianz 50,25; Standardabweichung 7,52.

8.2.1.4 Prothesensitz

Unter den 12 Patienten, die eine Scaphoid-Vollprothese tragen, finden sich 5 (41,67 %), bei denen die implantierte Prothese von einer regelrechten Lage abweicht. Anhand der angefertigten gehaltenen Aufnahmen sowie den Neutralaufnahmen zeigen sich folgende Veränderungen bezüglich des Prothesensitzes:

Tab. 8.2.1.5 und 8.2.1.6

● Rotation und Subluxation der Prothese nach dorsal (Bildfolge 4)

In 2 Fällen liegt eine Rotation der Prothese aus ihrer vorgesehenen Lage vor und zwar derart, daß in seitlicher Aufnahme einmal bereits in Neutralaufnahme, im anderen Fall erst bei Palmarflexion der proximale Teil der Prothese deutlich

am dorsalen Rand der Handwurzel erscheint (Bildfolge 4 C). In den P.A.-Aufnahmen ist als Korrelat dieser Rotationssubluxation eine SL-Dissoziation zu erkennen (8-11 mm SL-Kluft) (Bildfolge 4 A), die sich auch anhand der SL-Winkel in den seitlichen Aufnahmen (107° bzw. 101°) bestätigt (Bildfolge 4 B). Die Prothese ist proximal soweit nach dorsal gekippt, daß ihre Achse fast senkrecht zum Radius steht (87° , 82°).

● Dislokation der Prothese nach dorsal

Bei einer Person reicht die Prothese deutlich über die dorsale Kontur der Handwurzel nach dorsal hinaus. Es liegt eine Dislokation der Prothese nach dorsal vor. Auch in diesem Beispiel geht die Lageveränderung auf Kosten der SL-Adhärenz. Es resultiert ein deutliches Klaffen von 5 mm zwischen Prothese und Lunatum in der P.A.-Aufnahme im Sinne einer SL-Dissoziation, die mit Hilfe des SL-Winkels - 122° * in seitlicher Position - ihre Bestätigung findet.

Der Winkel, den die Prothesen-Achse mit dem Radius einnimmt, beträgt etwa 90° , was ein Maß für die erhebliche Dislokation ist.

● Dislokation der Prothese nach palmar und dorsal

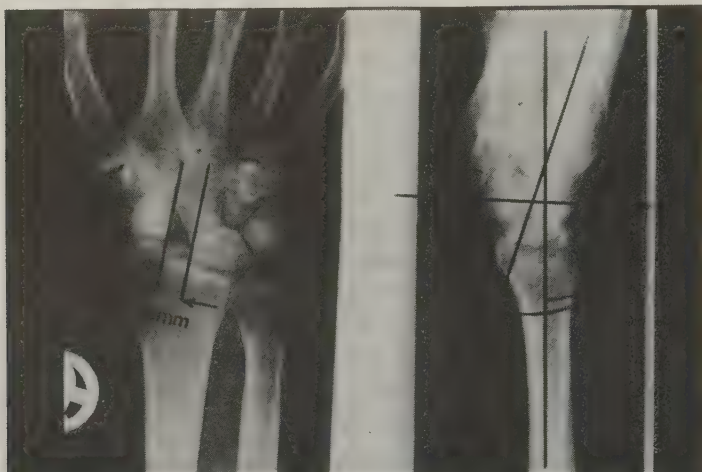
Die Prothese disloziert in einem Fall aus einer normalerweise um etwa 50° nach palmar geneigten Scaphoid-Achse in eine nahezu horizontale Lage. Bei Palmarflexion sind Teile der Prothese dorsal der dorsalen Handwurzelkontur und bei Dorsalflexion palmar der normalen Lage zu sehen. Auch hier zeigt sich eine Kluft zwischen Prothese und Lunatum in P.A.-Aufnahme als Zeichen einer SL-Dissoziation. Die vertikale Verkipfung bestätigt auch der 87° *-SR-Winkel. Mit einem SL-Winkel von 118° ergibt sich das Bild einer erheblichen SL-Dissoziation.

● Subluxation der Prothese nach radial (Bildfolge 5)

Ein Prothesenträger lenkt die Aufmerksamkeit auf die P.A.-Aufnahmen. Es ist ein gewaltiger Spalt zwischen Prothese und Caputatum zu beobachten, wobei gleichzeitig der radiale Rand der Silikon-Prothese weit über die Tangente Radius-Trapezium nach radial imponiert. Die Prothese scheint nach radial subluxiert, wobei anzumerken ist, daß diese radiale Subluxation eventuell infolge eines im falschen Winkel implantierten Prothesenzapfens vorgetäuscht wird. Ansonsten finden sich nahezu regelrechte Prothesen-Lagebeziehungen. SL- und SR-Winkel entsprechen der Norm, desweiteren sind keine auffälligen Gelenkspalte zu nennen (Bildfolge 5).

Bildfolge 4

Rotation nach Subluxation einer Scaphoid-Vollprothese nach dorsal.



- A) Infolge der Rotation nimmt die Prothese Kugelform an. Es resultiert eine SL-Dissoziation von 8 mm.
- B) Der SL-Winkel von 101° bestätigt die Rotationssubluxation der Prothese.



- C) Bei Palmarflexion erscheint die Prothese deutlich am dorsalen Rand der Handwurzel.

PROTHESE

NAME	Sitzgut	Dislokation	Gelenkspalte	SL-Kluft	SC-Diastase	DISI-SL-Dissoziation	Ulnare Translokation	Arthrose	Lunatum-Exostosen	Sonstiges
A.J.	X					?		RC, IC	X	Capitulum-PA mit Dislokation des prox. Fragmentes nach dorsal
B.M.		X	SL ↑	X		X		RC, IC	X	
C.D.		X	SL, SC ↑	X	X	X		RC, IC	X	Knochenfragmente palmar-distal a.d. Grenze zum Trapezium
D.G.	X					?		RC, IC, STT	X	
F.B.		X	SC ↑		X	?		RC	X	Knochenfragmente radialwärts der Prothese
G.K.		X	SL ↑	X		X	?	RC, IC		
H.L.	X					-		RC, STT	X	Knochenfragmente im palmar-distalen Scaphoid-Bett
H.T.	X					X		RC, IC		"
H.H.		X	SL, STT ↑	X		X		RC, IC, STT		
K.N.	X		SL, SC ↑	X	X	X		RC, IC	X	
O.G.	X		SC ↑		X	?		RC, IC		Knochenfrag, i. palm. dist. Scaphoid-Bett
W.J.	X		SL ↑	X		X		RC, IC, STT	X	P. scheint zu klein

Tab. 8.2.1.5 Handwurzelbeurteilung - Scaphoidvollprothesen

	B.M. w 57	C.D. m 49	H.H. m 36	G.K. w 53	F.B. m 34
Rotation nach dorsal	X	X			
Luxation nach dorsal			X		
Luxation nach dorsal und palmar				X	
Subluxation nach radial					X
SL-Abstand in P.A./N.N.	3-9 mm	6-11 mm	3-5 mm	2-3 mm	5 mm
SC-Abstand in P.A./N.N.	-	2-3 mm	-	-	8 mm
*SL in N. N.	107°	101°	118° ^d	122° ^d	66°
*SR in N. N.	85°	82°	92° ^d	87° ^d	50°

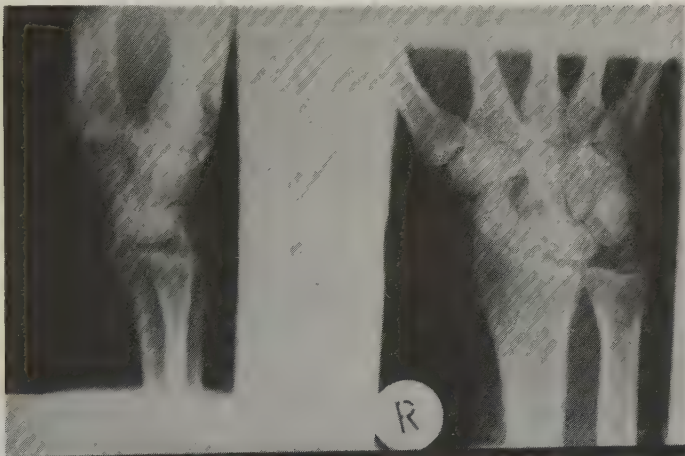
Tab. 8.2.1.6 Patienten mit Dislokation der Vollprothese

	Sitzgut	Rotation nach dorsal	Luxation nach dorsal	Luxation nach dorsal und palmar	Subluxation nach radial
n	7	2	1	1	1
%	58,33 %	16,67 %	8,33 %	8,33 %	8,33 %
%	58,33 %	41,67 %			

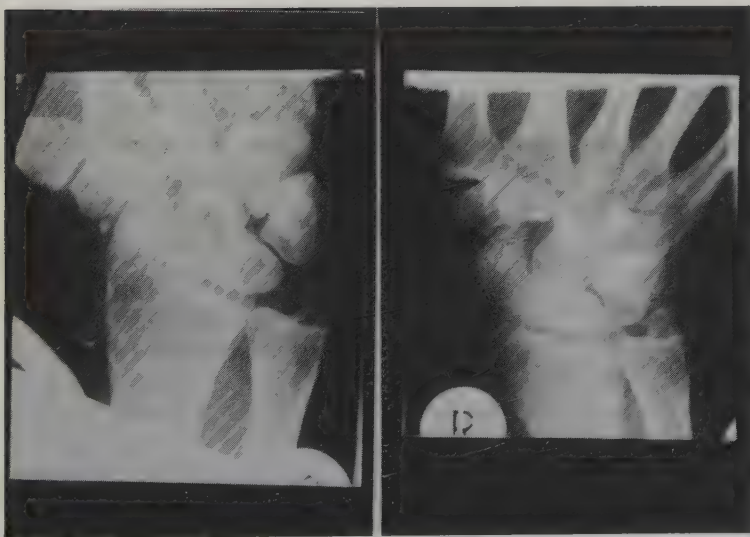
Tab. 8.2.1.7 Sitz der Scaphoid-Vollprothesen

Bildfolge 5

Subluxation einer Scaphoid-Vollprothese nach radial.



A,B) Regelrechte Lagebeziehungen der Prothese mit Ausnahme eines deutlichen Spaltes zwischen Prothese und Capitatum. Der radiale Rand der Prothese imponiert über die Tangente Radius-Trapezium nach radial.



C,D) Verringerung der Kluft zwischen Prothese und Capitatum bei Radialduktion, Vergrößerung bei Ulnarbewegung.

8.2.1.5 Carpalinstabilitäten

Wie des öfteren besprochen ist eine Prothesenimplantation mit einem Banddefizit verbunden, die sich in Verlusten der Stabilität einzelner Carpalknochen oder Carpalknochengruppen niederschlagen kann. Welche Carpalinstabilitäten überhaupt im einzelnen möglich sind, wurde ausführlich im Kapitel "Carpalinstabilitäten" 5.2 abgehandelt. Ob und welche Instabilitäten bei Vollprothesenträger zu finden sind, wird im folgenden diskutiert: Tab. 8.2.1.8

● Dorsalflexion des Lunatums

Das Lunatum ist in allen Fällen gegenüber dem Radius nach dorsal flektiert, wobei lediglich in 2 Fällen (16,67 %) bei maximaler Palmarflexion eine Kippung des Lunatums nach palmar erfolgt.

● DISI - SL-Dissoziation

Wie zuvor bereits ausführlich dargelegt, liegt das Lunatum in allen Fällen in einer stark dorsalflektierten Stellung vor. Weiter ergab die Winkelauswertung in den Fällen, in denen in die Prothese eine Achse gelegt werden konnte, mit Ausnahme zweier Fälle SL-Winkel größer als 80°. Aus genannten Gründen (siehe Kapitel 5.2) könnte man auch diese beiden Ausnahmen der SL-Dissoziation als Beispiel einer DISI zuordnen. Zu ergänzen bleibt hier, daß einige Fälle, in denen keine eindeutige Achsenzeichnung möglich war, dennoch einer SL-Dissoziation zugeordnet werden konnten, da ein großer Prothesen-Lunatum-Spalt das Kriterium der Dorsalflexion des Lunatums erweiterte.

Führt man abschließend die eindeutig zu bestimmenden und die unter Vorbehalt zu betrachtenden SL- und SR-Winkel einer gemeinsamen Bedeutung zu, so ergibt sich folgendes Ergebnis: Tab. 8.2.1.10

In 7 Fällen beobachtet man einen Winkel größer als 80° und somit eine eindeutige SL-Dissoziation (56,33 %). In 4 Fällen (33,33 %) liegt der SL-Winkel im Bereich zwischen 60° und 80°, gilt demnach als verdächtig, wobei allerdings gleichzeitig eine Kluft zwischen Prothese und Lunatum festgestellt werden konnte. In einem Fall war keine Achseneinzeichnung möglich. Die letzten Fälle gelten nur als verdächtig, obgleich das Lunatum jeweils eine erhebliche Dorsalflexion zeigt.

● SC-Diastase Tab. 8.2.1.8 und Tab. 8.2.1.9

Bei 4 Patienten (33,33 %) zeichnet sich eine Veränderung des Raumes zwischen Prothese und Capitatum ab (4, 4, 5 bzw. 8 mm).

	Palmarflexion des Lunatums möglich ?	★RL in N.N.	★SL in N.N.	★SR in N.N.	Carpalspalt vergrößert	DISI SL-Dis- sozia- tion	SC- Dia- stase	Ulnare Trans- lokation
A.J. m 20	—	28°d	60°*	33°*	-	?	-	-
B.M. w 57	—	23°d	107°	85°	SL ↑	X	-	-
C.D. m 49	+	28°d	101°	82°	SL, SC ↑	X	X	-
D.G. m 54	+	24°d	64°	39°	-	?	-	-
F.B. m 34	—	16°d	66°	50°	SC ↑	?	X	-
G.K. w 53	—	30°d	118°*	87°*	SL ↑	X	-	X
H.L. m 29	+	18°d	-	-	-		-	-
H.T. m 38	—	31°d	105°	75°	-	X	-	-
H.H. m 36	—	20°d	122°*	92°*	SL, STT ↑	X	-	-
K.N. m 41	—	26°d	90°	65°	SL, SC ↑	X	X	-
O.G. m 76	—	23°d	66°*	42°*	SC ↑	?	X	-
W.J. m 55	—	22°d	110°	86°	SL ↑	X	-	-

Tab. 8.2.1.8 Carpalinstabilitäten bei Scaphoid-Vollprothesen

	DISI		SC- Diastase	Ulnare Translokation	Ø CI
	ja	fraglich			
n	7	4	4	1	0
%	58,33 %	33,33 %	33,33 %	8,33 %	0 %
n	11		4	1	0
%	91,67 %		33,33 %	8,33 %	0 %

Tab. 8.2.1.9 Carpalinstabilitäten bei Scaphoid-Vollprothesen

Einmal ist eine Rotationssubluxation der Prothese für diese Diastase verantwortlich, in den anderen Beispielen liegen die Ursachen entweder in den individuellen anatomischen Gegebenheiten des Patienten, die eine bessere Annäherung der Prothese an das Capitatum verhindern oder aber in einer nicht exakten Implantation des Prothesen-Zapfens im Trapezium (Bildfolge 5).

● Ulnare Translokation Tab. 8.2.1.8 und 8.2.1.9

Die ulnare Translokation definiert Taleisnik als Teil einer proximalen Carpalinstabilität (siehe "Carpalinstabilitäten" 5.2). Bei den Personen mit Scaphoid-Prothesen findet man in einem Fall eine grenzwertige oder beginnende ulnare Translokation:

Offensichtlich bedingt durch die Prothesendislokation nähert sich die distale Handwurzelreihe dem Radius, um die entstehende Kluft zu überbrücken. Gleichzeitig erfolgt hierdurch eine Verdrängung des Lunatums nach ulnar. Als Kriterien für diese Carpalinstabilitäten sind gegeben:

Das Trapezium grenzt an den processus styloideus radii; knapp 50 % des Lunatums reichen über die ulnare Radiusgrenze nach ulnar. Weiter sieht man in P.A.-Aufnahme eine Kluft zwischen Prothese und Lunatum, so daß sich als Diagnose ergibt: Grenzwertige ulnare Translokation mit SL-Dissoziation!

$\angle 60^\circ$	$60^\circ - 80^\circ$	$> 80^\circ$	nicht zu bestimmen
0	4	7	1
	36,36 %	63,64 %	

Tab. 8.2.1.10 Scaphoid (Prothesen)-Lunatum-Winkel in Neutralstellung

$30^\circ - 60^\circ$	$> 60^\circ$
4	7
36,36 %	63,64 %

Tab. 8.2.1.11 Scaphoid (Prothesen)-Radius-Winkel in Neutralstellung

$60^\circ - 80^\circ$ SL $30^\circ - 60^\circ$ SR	$> 80^\circ$ SL $> 60^\circ$ SR
4	7
36,36 %	63,64 %

Tab. 8.2.1.12 Schnitt zwischen SL- und SR-Winkel in Neutralstellung

8.2.1.6 Sonstiges

Tab. 8.2.1.5

● Arthrose

Arthrotische Veränderungen fanden sich in allen Handwurzelgelenken, die eine Scaphoid-Vollprothese trugen.

In allen 12 Fällen ist eine Radiocarpalarthrose zu sehen, die in 7 Fällen mit einer Intercarpalarthrose und in 2 Fällen mit einer STT-Arthrose kombiniert war. Arthrotische Veränderungen in allen 3 Gebieten kann man bei 3 Patienten sehen.

Ob diese arthrotischen Veränderungen Folgen der Prothesenimplantation sind oder bereits vor der Resektion des Scaphoids bestanden haben, läßt sich nicht beurteilen, da in den meisten Fällen keine präoperativen Bilder zur Verfügung standen. Dafür, daß die Veränderungen bereits vor der Operation bestanden, spricht zum einen, daß einer Vollprothesen-Implantation ein massiv verändertes Scaphoid zugrunde liegt, das mit Sicherheit Auswirkungen auf die umliegenden Carpi haben mußte. Zum anderen fällt auf, daß keinerlei Korrelation zwischen Implantationsdauer und dem Ausmaß arthrotischer Veränderungen besteht.

● Lunatumexostosen

Bei 8 (66,67 %) Vollprothesenträger findet man zum Teil erhebliche Veränderungen im Sinne von Exostosen am dorsalen Lunatum-Pol. Ursächlich liegt eine starke Dorsalflexion des Lunatums zugrunde, als deren Folge das Capitatum auf der distalen konkaven Lunatum-Gelenkfläche etwas nach dorsal wandert. Es zentriert also nicht mehr über der Mitte der Lunatum-Gelenkfläche. Diese reagiert auf die veränderten Druckverhältnisse mit Knochenumbau- und -abauvorgängen, die sich in unregelmäßigen Auszifelungen am dorsalen Pol in dorsodistaler Richtung zeigen. Es resultiert so gewissermaßen eine Vergrößerung der Gelenkpfanne bei zusätzlicher Asymetrie des Lunatums.

● Knochenfragmente im Scaphoideum-Bett

Bei 5 Patienten findet man Reste des resezierten Kahnbeins im palmodistalen Bereich. Dies ist durchaus beabsichtigt, da nach Swanson (siehe "OP-Technik" in 4.2.1.1) bei der Ausschälung des zu resezierenden Scaphoids der Schonung des proximalen Bandapparates höchste Priorität gilt. Um dieser Priorität unbedingt Genüge zu leisten, ist unter Umständen ein Belassen einer Scaphoid-Knochenmanschette im palmaren Bereich erforderlich.

● Prothese zu klein

Einmal liegt eine zu kleine Prothese vor. Obwohl keine Luxation zu sehen ist, berührt das Trapezium den processus styloideus radii nahezu bereits in Neutralstellung.

8.2.2 Proximale Scaphoid-Teilprothesen

8.2.2.1 Material: Patienten

Für die radiologische Untersuchung standen 21 Patienten mit proximalen Teilprothesen zur Verfügung. Zudem erschienen 2 Patienten, die jetzt eine Scaphoid-Vollprothese tragen und in der Gruppe der Vollprothesen erfaßt werden. Unter den prox. Teilprothesen sind drei Frauen und 18 Männer, das Durchschnittsalter beträgt 33,5 Jahre, es reicht von 20 bis 60 Jahre.

Die Patienten trugen ihre Prothesen durchschnittlich 21 Monate, die letzte erfaßte Operation lag 8, die längste 37 Monate zurück.

Für die nachfolgenden Tabellen und Berechnungen ist folgendes anzumerken: Bei jenen Winkeln, bei denen die Scaphoid-Achse beteiligt ist, war in einem Fall eine Scaphoid-Prothesen-Achsenzeichnung nicht möglich, so daß sich hier die Patientenzahl auf 20 reduziert. Bei den Bewegungsberechnungen werden zudem alle Messungen, bei der das Capitatum in Neutralstellung mehr als 16° nach dorsal geneigt war, nicht berücksichtigt.

8.2.2.2 Meßergebnisse: Winkel, Bewegung, Mittelwerte

Tab. 8.2.2.1 - 8.2.2.4 (Bildfolge 6)

Winkel

NAME	*KRC E	*KRC r u	*KRC E	*KRC d p	*RL E	*RL d p	*LC E	*LC d p	*SL d p	*SR d p	*KSC d p	*LC in nn	*RLR in nn	*KRC in nn
B.I. w 51	31	6-0-25	82	19-0-63	5	0-15-20	77	34-0-43	104-93-35	88-77-14	69-77-77	15p	15d	0
B.H. m 26	45	15-0-30	113	52-0-61	44	22-0-22	69	30-0-39	60-56-39	82-49-12	30-65-73	9d	7d	16d
B.H. m 36	15	0-4-19	66	30-0-35	20	11-0-9	45	19-0-26	68-66-49	80-56-40	50-63-75	4p	11d	7d
D.B. m 20	39	15-0-24	89	35-0-54	24	1-0-23	66	34-0-31	92-78-45	93-61-21	58-63-75	12p	17d	5d
E.J. m 41	39	17-0-22	105	57-0-48	34	22-0-12	71	35-0-36	73-72-43	86-58-22	50-63-79	8p	14d	6d
G.J. m 28	48	15-0-33	103	57-0-46	26	0-4-30	77	61-0-16	94-76-43	90-54-12	33-75-58	1d	20d	21d
G.P. m 43	36	11-0-25	77	23-0-54	20	0-7-27	57	30-0-27	88-66-56	81-56-29	57-66-83	1p	10d	9d
H.H. m 28	34	17-0-17	112	51-0-61	54	26-0-26	60	25-0-35	91-67-37	94-52-24	43-64-85	5p	17d	12d
H.K. w 21	29	11-0-18	73	25-0-48	16	3-0-13	57	22-0-35	68-59-37	71-44-24	45-54-73	6p	14d	8d
H.H. m 60	23	6-0-17	71	22-0-49	25	0-2-27	46	24-0-22	97-77-42	88-55-21	72-65-70	13p	23d	10d
H.P. m 41	24	2-0-22	92	29-0-63	25	12-0-13	67	17-0-50	86-56-43	98-47-30	79-78-93	22d	9d	31d
L.W. m 47	43	18-0-25	75	31-0-44	14	0-7-21	61	38-0-23	85-56-42	90-41-23	59-63-67	3p	15d	12d
M.A. w 28	53	9-0-44	89	35-0-54	44	16-0-28	45	19-0-26	1)			11p	14d	3d
M.K. m 31	52	23-0-29	74	10-0-64	20	0-11-31	54	21-0-33	90-82-62	78-60-29	68-67-93	14p	21d	7d
P.J. m 22	45	16-0-29	94	28-0-66	25	7-0-18	69	21-0-48	79-73-40	87-64-22	59-67-88	5p	8d	3d
P.H. m 44	20	5-0-15	36	12-0-24	16	0-8-24	20	20-0-0	68-49-47	60-35-32	48-46-55	3p	14d	11d
P.R. m 39	30	0-3-33	86	38-0-48	26	0-3-29	60	41-0-19	93-81-60	90-62-31	52-70-79	10p	18d	8d
R.M. m 20	35	22-0-13	66	27-0-39	29	0-2-31	37	29-0-8	83-81-55	78-59-24	51-62-63	19p	22d	3d
S.S. m 25	51	18-0-33	100	49-0-51	42	0-4-46	58	53-0-5	99-79-63	95-43-17	46-52-68	28p	37d	9d
S.X. m 24	32	7-0-25	108	50-0-58	35	5-0-30	73	45-0-28	78-67-48	84-49-19	42-62-76	5p	18d	13d
S.A. m 29	54	20-0-34	133	68-0-65	37	12-0-25	96	56-0-40	87-69-39	100-53-13	32-58-78	10p	15d	5d

1): Scaphoid-Teilprothesen-Achse nicht bestimmbar

Tab. 8.2.2.1 Winkel

PROXIMALE SCAPHOID-TEILPROTHESEN

Bewegung

NAME	RC		RL		LC		SL		SR		SC	
	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D
B.I. w 51	19	63	0	5	19	58	11	58	11	63	8	0
B.H. m 26	68	45	29	15	39	30	4	17	33	37	35	8
B.H. m 36	37	28	22	0	15	30	2	17	24	16	13	12
D.B. m 20	40	49	18	5	22	43	14	33	32	40	8	9
E.J. m 41	63	42	36	0	27	44	1	29	28	36	13	16
G.J. m 28	1)											
G.P. m 43	32	45	17	17	29	28	22	10	25	27	9	17
H.H. m 28	63	49	43	9	20	40	24	30	42	28	21	21
H.K. w 21	33	40	17	0	16	41	9	22	27	20	9	19
H.H. m 60	32	39	25	4	11	35	20	35	33	34	-7	5
H.P. m 41	1)											
L.W. m 47	43	32	8	6	35	26	29	14	49	18	-6	14
M.A. w 28	38	51	30	14	8	37	2)					
M.K. m 31	17	57	10	10	7	47	8	20	18	31	-1	36
P.J. m 22	31	63	15	10	16	53	6	33	23	42	8	21
P.H. m 44	23	13	6	10	17	3	19	2	25	3	-2	9
P.R. m 39	46	40	15	11	31	29	12	21	28	31	18	9
R.M. m 20	30	36	20	9	10	27	2	26	19	35	11	1
S.S. m 25	58	43	33	9	25	23	20	16	52	26	6	16
S.X. m 24	63	45	23	12	40	23	11	19	35	30	20	14
S.A. m 29	73	60	27	10	46	50	18	30	47	40	26	20

- 1): RC-Winkel in Neutralstellung $> 16^\circ$, so daß eine Bewegungsmessung infolge allzugroßer Verfälschung nicht berechnet werden kann.
- 2): Scaphoid-Teilprothesen-Achse nicht bestimmbar.

Tab. 8.2.2.2 Bewegung

PROXIMALE SCAPHOID-TEILPROTHESEN (Bildfolge 6)

Mittelwerte

Winkel	*RU u	*RU u	*RC u	*RC p	*RC d	*RL u	*RL p	*RL d	*LC	*LC p	*LC d
Mittelwert $\bar{x}$	37,05	11,71	25,33	87,76	35,62	52,14	27,67	3,52	24,05	60,19	32,10
Varianz σ^2	123,09	56,49	55,46	433,04	239,85	112,41	133,56	128,06	66,43	249,20	159,04
Standardabweichung σ	11,37	7,70	7,63	21,32	15,87	10,86	11,84	11,60	8,35	16,18	12,92
											13,37

	*SL n	1) d	*SR n	1) d	*SC n	1) d	*LC in N.N.	*LR in N.N.	*RC in N.N.
Mittelwert $\bar{x}$	84,15	70,15	46,25	85,65	53,75	22,95	52,15	63,5	75,4
Varianz σ^2	134,03	117,93	70,59	84,93	84,09	52,15	168,43	63,85	100,14
Standardabweichung σ	11,88	11,14	8,62	9,46	9,41	7,41	13,32	8,20	10,27
									10,11
									6,52
									45,30
									9,48d
									6,90

Bewegung	RC 2) P	RL 2) D	LC 2) D	SL 3) D	SR 3) D	SC 3) D
Mittelwert $\bar{x}$	42,58	44,21	20,74	8,21	22,79	35,11
Varianz σ^2	280,66	143,96	111,77	23,11	123,96	159,13
Standardabweichung σ	17,21	12,33	10,86	4,94	11,44	12,96
					8,34	12,21
					11,10	12,70
						10,90
						8,47

Tab. 8.2.2.3 und 8.2.2.4 Winkel und Bewegung - Mittelwerte 1): n=20 2): n=19 3): n=18

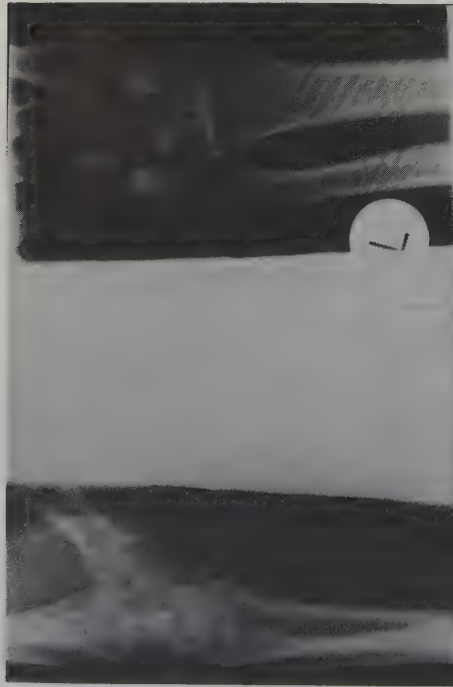
Bildfolge 6

Funktionelle Aufnahmen einer Hand mit proximaler Scaphoid-Teilprothese

A,B) Hand in Neutralstellung im posteroanterioren bzw. seitlichen Strahlengang: SR=64°: Prothesen-Scaphoid-Komplex etwas palmarflektiert, sonst regelrechte Lagebeziehungen.

C,D) Hand in maximaler Palmar- bzw. Dorsalflexion: Beweglichkeit gegenüber normal fast um die Hälfte eingeschränkt.

E,F) Hand in maximaler Radial- bzw. Ulnarabduktion: Reduktion der Beweglichkeit um ein Drittel gegenüber normal bei regelrechter Richtungsverteilung.



8.2.2.3 Beschreibung der Ergebnisse
Tab. 8.2.2.1 - 8.2.2.4

W I N K E L

Handwurzel in seitlicher Aufnahme

Handwurzel in Neutralstellung

● Radius - Lunatum-Winkel: Abb. 8.2.2.1

Das Lunatum ist dorsalrotiert, d.h. in Extensionsstellung in allen 21 Fällen (100 %).

Der Durchschnittswinkel für die dorsalrotierten Fälle beträgt $16,14^\circ$ und umfaßt eine Breite von 7° bis 37° . Dies entspricht einer Varianz von 40,5 und einer Standardabweichung von 6,52.

● Lunatum-Capitatum-Winkel: Abb. 8.2.2.1

Das Capitatum ist in Bezug zum Lunatum palmarrotiert in 18 Fällen (85,71 %). Es steht in Extensionsstellung in 3 Fällen (14,29 %).

Der Durchschnittswinkel für die palmarrotierten Fälle beträgt $9,56^\circ$, umfaßt eine Breite von 1° zu 28° ; Varianz 42,58; Standardabweichung 6,71.

Der Durchschnittswinkel für die dorsalflektierten Fälle beträgt $10,67^\circ$, reicht von 1° bis 22° . Varianz 74,89; Standardabweichung 10,6.

● Radius-Capitatum-Winkel: Abb. 8.2.2.1

Das Capitatum steht coaxial mit dem Radius in einem Fall (4,76 %) und in Extensionsstellung in 20 Fällen (95,24 %).

Der Durchschnittswinkel für die dorsalflektierten Fälle beträgt $9,48^\circ$, reicht von 3° bis 31° . Varianz 45,3; Standardabweichung 6,9.

● Radius-Scaphoideum-Winkel: Abb. 8.2.2.2

In Neutralstellung ist das os scaphoideum palmarflektiert.

Der durchschnittliche Flexionswinkel beträgt $53,75^\circ$ und umfaßt eine Breite von 35° bis 77° . Dies entspricht einer Varianz von 84,09 und einer Standardabweichung von 9,41.

● Lunatum-Scaphoideum-Winkel: Abb. 8.2.2.2

Das Scaphoideum ist gebeugt mit einem Durchschnittswinkel von $70,15^\circ$ und reicht von 49° bis 93° . Varianz 117,93; Standardabweichung 11,14.

WINKEL	NEUTRALSTELLUNG	PALMARFLEXION	DORSALFLEXION
Radius-Lunatum			 100 % 16,14°
Lunatum-Capitatum		 85,71 % 9,56°	 14,29 % 10,67°
Radius-Capitatum	 4,76 % 0°		 95,24 % 9,48°

Abb. 8.2.2.1 Handwurzel in Neutralstellung - Scaphoid-Teilprothesen

● Capitatum-Scaphoideum-Winkel: Abb. 8.2.2.2

Der Durchschnittswinkel beträgt $63,5^\circ$, umfaßt eine Spannweite von 46° bis 78° .
Varianz 63,85; Standardabweichung 8,2.

Handwurzel in maximaler Flexion bzw. Extension

● Radius-Lunatum-Winkel:

In größter Palmarflexion beträgt der Winkel durchschnittlich $3,52^\circ$, reicht von 15° dorsalrotiert bis 26° palmarrotiert. Varianz 128,06; Standardabweichung 11,6.

In maximaler Dorsalflexion oder Extension beträgt der Durchschnittswinkel $24,05^\circ$, reicht von 9° bis 46° . Varianz 66,43; Standardabweichung 8,35.

● Lunatum-Capitatum-Winkel:

In größter Palmarflexion beträgt der Winkel $32,10^\circ$, reicht von 17° bis 61° .
Varianz 159,04; Standardabweichung 12,92.

In maximaler Dorsalflexion lautet der Winkel durchschnittlich $28,10^\circ$, umfaßt eine Spannweite von 0° bis 50° . Varianz 170,37; Standardabweichung 13,37.

● Radius-Capitatum-Winkel:

In maximaler Flexion nach palmar ergibt sich ein durchschnittlicher Winkel von $35,62^\circ$, reicht von 10° bis 68° . Varianz 239,58; Standardabweichung 15,87.

In Dorsalflexion beträgt der Durchschnittswinkel $52,14^\circ$, reicht von 24° bis 66° .
Varianz 112,41; Standardabweichung 10,86.

● Radius-Scaphoideum-Winkel:

Bei Palmarflexion der Hand kippt das Scaphoid noch weiter nach palmar. Der durchschnittliche Winkel beträgt $85,65^\circ$, reicht von 60° bis 100° . Varianz 84,93; Standardabweichung 9,46.

Bei Extension nähert sich das Scaphoid der Radiusachse, so daß der durchschnittliche Winkel $22,95^\circ$ beträgt und von 12° bis 40° reicht. Varianz 52,15; Standardabweichung 7,41.

● Lunatum-Scaphoideum-Winkel:

In Palmarflexion lautet der Durchschnittswinkel $84,15^\circ$, reicht von 60° bis 104° . Varianz 134,03; Standardabweichung 11,88.

Bei Dorsalflexion erhält man einen Winkel von $46,25^\circ$, welcher von 35° bis

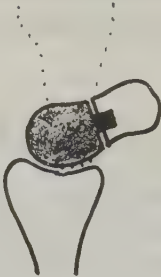
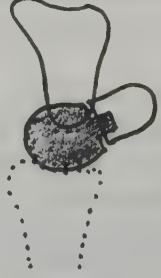
Radius - Teilprothese	 53,75°
Lunatum - Teilprothese	 70,15°
Capitulum - Teilprothese	 63,5°

Abb. 8.2.2.2 Lage der Teilprothese bzgl. Radius, Lunatum und Trapezium

63° reicht. Varianz 70,59; Standardabweichung 8,62.

● **Capitatum-Scaphoideum-Winkel:**

In Palmarflexion ergibt sich ein Durchschnittswinkel von 52,15°. Er reicht von 30° bis 79°. Varianz 168,43; Standardabweichung 13,32.

In Dorsalflexion zeigt sich ein Winkel von 75,40°, von 55° bis 93°. Varianz 100,14; Standardabweichung 10,27.

Handwurzel in P.A.-Aufnahme

Handwurzel in Neutralstellung

● **Radius-Capitatum-Winkel:**

In Neutralstellung steht das Capitatum in 19 Fällen (90,48 %) coaxial zum Radius, während in 2 Fällen (9,52 %) die Mittelhand nach ulnar abduziert ist. Der durchschnittliche Winkel für diese ulnarabduzierte Stellung beträgt 3,5°, ist einmal 3° und einmal 4°.

Handwurzel in maximaler Radial- bzw. Ulnarabduktion

● **Radius-Capitatum-Winkel:**

In maximaler Radialabduktion erhält man einen Winkel von 11,71°, reicht von 4° ulnarabduziert zu 23°. Varianz 56,49; Standardabweichung 7,7.

Bei extremer Ulnarabduktion liest man einen Winkel von 25,33°, er umfaßt eine Gruppe von 13° bis 44°. Varianz 55,46; Standardabweichung 7,63.

B E W E G U N G

Handwurzelbewegung bei Palmar- und Dorsalflexion

● **Radius-Capitatum-Bewegung:**

Als durchschnittliches Flexions-Extensions-Bewegungsausmaß ergibt sich ein Winkel von 87,76°, er reicht von 36° bis 133°. Varianz 433,04; Standardabweichung 21,32.

Die durchschnittliche Flexionsbewegung beträgt 42,58°, reicht von 17° zu 73°.

Varianz 280,66; Standardabweichung 17,21.

Die durchschnittliche Extensionsbewegung lautet $44,21^\circ$, reicht von 13° zu 63° .
Varianz 143,96; Standardabweichung 12,33.

● Radius-Lunatum-Bewegung: Abb. 8.2.2.3

Der Bewegungsumfang umfaßt $27,67^\circ$, reicht von 5° zu 54° . Varianz 133,56; Standardabweichung 11,84. Damit ist das Radiocarpalgelenk mit 31,53 % an der Gesamtbewegung der Handwurzel beteiligt.

Bei Palmarflexion beschreibt das Lunatum einen Bewegungsausschlag von $20,74^\circ$, reicht von 0° zu 43° . Varianz 111,77; Standardabweichung 10,86.

In Dorsalflexion beträgt die Durchschnittsbewegung $8,21^\circ$, reicht von 0° nach 17° . Varianz 23,11; Standardabweichung 4,94.

● Lunatum-Capitatum-Bewegung: Abb. 8.2.2.3

Der Bewegungsumfang umfaßt $60,19^\circ$, reicht von 20° zu 96° . Varianz 249,2; Standardabweichung 16,18. Damit ist die Lunatum-Capitatum-Bewegung mit 68,47 % an der Gesamtbeweglichkeit der Handwurzel beteiligt.

Bei Palmarflexion umfaßt die LC-Bewegung einen Winkel von $22,79^\circ$, reicht von 7° zu 46° . Varianz 123,96; Standardabweichung 11,44.

In Dorsalflexion ergibt sich durchschnittlich ein Winkel von $35,11^\circ$, reichend von 3° zu 58° . Varianz 159,15; Standardabweichung 12,96.

An der Palmarflexion sind das Radiocarpalgelenk mit 48,71 % und das distale Handgelenk mit 51,29 % beteiligt. Mit $8,21^\circ$ stellt das Radiocarpalgelenk 18,57 % und das distale Handgelenk mit $35,11^\circ$ 81,43 % der Dorsalflexionsbewegung (Abb. 8.2.2.3).

In 9 Fällen war bei Flexion die Radiocarpalbewegung größer als die Mediocarpalbewegung. In 10 Fällen herrschten umgekehrte Verhältnisse.

Bei Extension war das Mediocarpalgelenk in 18 Fällen (94,74 %) stärker an der Bewegung beteiligt als das Radiocarpalgelenk. In einem Fall war das Verhältnis umgekehrt (5,26 %).

● Radius-Scaphoideum-Bewegung

Das Scaphoid beschreibt in Bezug zum Radius eine Gesamtbewegung von $61,55^\circ$. Die Bewegung bei Flexion in Bezug auf den Radius beträgt $30,61^\circ$, reicht von 11° zu 52° . Varianz 116,46; Standardabweichung 11,1.

Bei Extension beträgt die Winkelveränderung $30,94^\circ$, reicht von 3° zu 63° . Varianz 152,39 und Standardabweichung 12,7.

● Scaphoideum-Lunatum-Bewegung: Abb. 8.2.2.4

Das Scaphoid verändert seine Lage in Bezug zum Lunatum bei Flexion um $12,89^\circ$, reichend von 1° zu 29° . Varianz 65,77; Standardabweichung 8,34.

Bei Extension beträgt der Winkel 24° , reicht von 2° zu 58° . Varianz 140,89; Standardabweichung 12,21.

In allen 18 Fällen, in welchen die Scaphoid-Achse bestimmt werden konnte, kippt das Scaphoid sowohl in Flexion als auch in Extension "schneller" nach palmar bzw. dorsal als das Lunatum.

● Scaphoideum-Capitatum-Bewegung: Abb. 8.2.2.4

Die Bewegung zwischen Scaphoid und Capitatum bei Palmarflexion umfaßt in den Fällen, in denen das Scaphoid regelrecht langsamer als das Capitatum rotiert, $14,64^\circ$, reicht von 6° zu 35° . Varianz 65,23; Standardabweichung 8,38.

In Extension lautet der Bewegungsumfang $13,72^\circ$, reicht von 0° zu 36° . Varianz 67,76; Standardabweichung 8,47.

In 4 Fällen kippt das Scaphoid in Flexion geringfügig (bis 7°) schneller nach palmar als das Capitatum (22,22 %).

Handwurzelbewegung bei Radial- und Ulnarabduktion

● Radius-Capitatum-Bewegung:

Der Bewegungsumfang der Handwurzel in radioulnarer Duktion beträgt durchschnittlich $37,05^\circ$, reicht von 15° zu 54° . Varianz 123,09; Standardabweichung 11,37.

Die Bewegung nach radial umfaßt einen Winkel von $12,05^\circ$, reicht von 0° zu 23° . Varianz 47,38; Standardabweichung 7,05.

Die Bewegung nach ulnar ergibt $25,33^\circ$, reicht von 13° zu 44° . Varianz 55,46; Standardabweichung 7,63.

Damit ist die Radialabduktion mit 34,93 % und die Ulnarabduktion mit 65,07 % an der Gesamtbewegung in radioulnarer Richtung beteiligt.

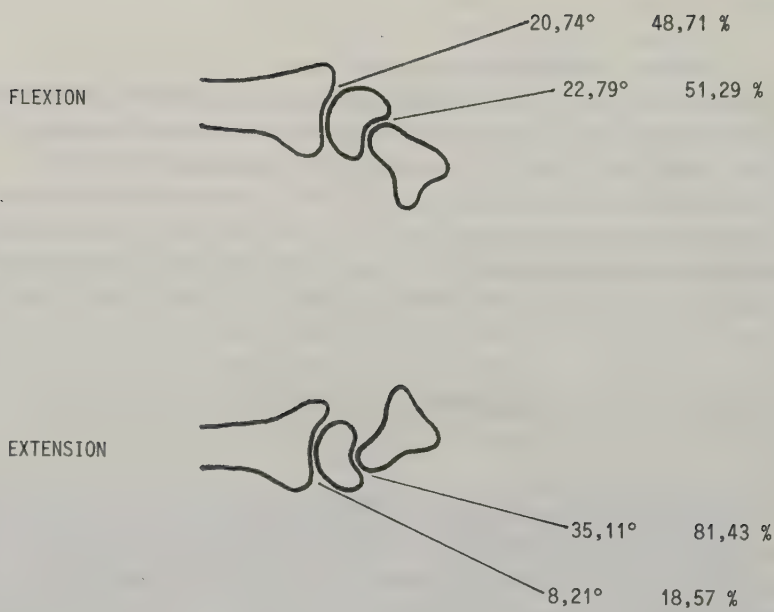


Abb. 8.2.2.3 Verteilung der Bewegung während Flexion und Extension auf Radiocarpal- und Mediocarpalgelenk

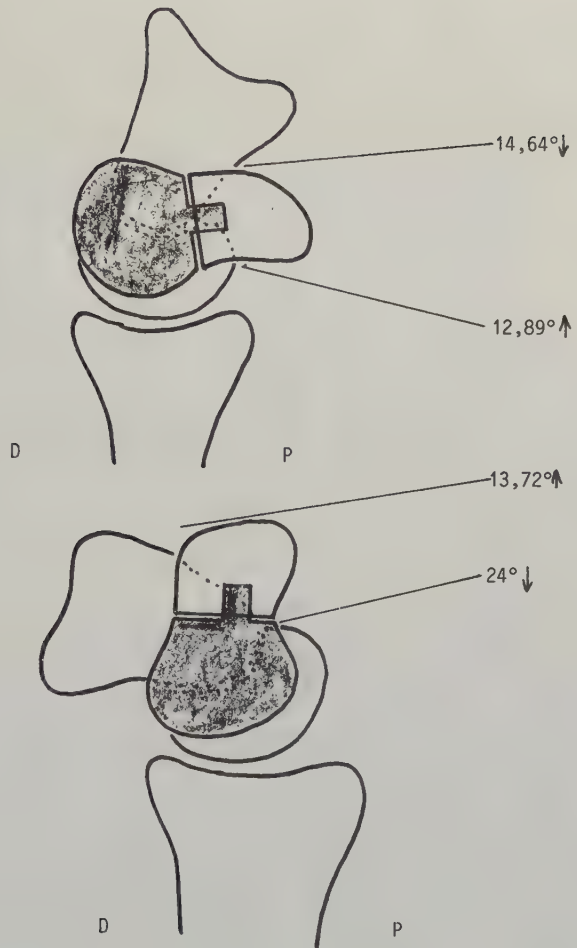


Abb. 8.2.2.4 Bewegung der Teilprothese bei Flexion und Extension gegenüber Capitatum und Lunatum.

NAME	Sitz gut	Dislokation	SL-Kluft	DISI-SL-Dissoziation	DISI-Zentrale Carpalin-stabilität	Ulnare Translokation	Arthrose	Lunatum-exostosen	Sonstiges	Ulna-vorschub
B.I.		X		X			RC, IC	X		
B.H.	X									
B.H.	X			?						X
D.B.	X		X	?						
E.J.	X			?			RC, IC		perilunäre Luxation	X
G.J.		X	X	?						
G.P.	X			?			RC, STT	X	Cyste im Capitatum	
H.H.	X			?			RC			X
H.K.	X						RC	X		
H.H.	X			?			IC	X		
H.P.	X						RC, IC	X		X
L.W.	X				?				Sehr kleine Prothese	
M.A.	X					X	IC, STT	X		
M.K.	X			X			STT	X		
P.J.	X			?			RC			
P.H.	X				X		RC	X	dist. Scaphoid-Fragment aufgelockert	
P.R.	X			X			RC	X		X
R.M.		X	X	X			RC, IC		Prothese völlig luxiert	
S.S.	X			?			IC	X		X
S.X.	X			?						
S.A.		X		?			RC		Prothese völlig luxiert	

Tab. 8.2.2.5 Handwurzelbeurteilung - Scaphoid-Teilprothesen (proximal)

8.2.2.4 Prothesensitz

Bei den 21 nachuntersuchten Patienten, die sich der Implantation einer proximalen Scaphoid-Teilprothese unterzogen hatten, fand sich in 17 Fällen (80,95 %) eine regelrechte Lage der Prothese, während in 4 Fällen (19,05 %) die Prothese aus ihrer vorgesehenen Position gekippt oder verlagert ist.

In welcher Richtung die Dislokation erfolgt ist, wird im folgenden erläutert und anhand von Röntgenaufnahmen beschrieben (Tab. 8.2.2.5 und 8.2.2.6 und 8.2.2.7).

- Rotationssubluxation nach dorsal: Tab. 8.2.2.6 und 8.2.2.7 (Bildfolge 7)

Bei 2 der 4 dislozierten Teilprothesen findet sich in der P.A.-Aufnahme eine Verkürzung des Radius-Capitatum-Abstandes, wobei es gleichzeitig zu einer Überlagerung von Prothesenmaterial und distalem Scaphoid-Fragment sowie proximalem Capitatum- und radialen Lunatum-Bereich kommt. In seitlicher Aufnahme erscheint in einem Fall bereits in Neutralstellung ein Prothesenanteil deutlich dorsal der dorsalen Handwurzelkontur (Bildfolge 7 B), während im anderen Fall erst bei Palmarflexion die Prothese in diesem Bereich imponiert. Interessant sind auch die gehaltenen Aufnahmen in Radial- und Ulnarabduktion.

Während sich in radialer Duktion die Überlagerungstendenzen der Prothese mit den angrenzenden Carpi verstärken und sich gleichzeitig als auffälligste Beobachtung das distale Fragment in den processus styloideus radii verkeilt (Bildfolge 7 C), findet man in Ulnarabduktion eine bemerkenswerte Lageveränderung der Prothese (Bildfolge 7 D):

In beiden Fällen sieht man die Prothese schnabelartig nach radial über die Tangente Radius-Trapezium disloziert. Es resultiert demnach folgende Prothesenlageveränderung: Dislokation der Prothese nach radial und ulnar als Folge einer Rotation der Prothese bei gleichzeitiger Dislokation nach dorsal, wobei im ersten Fall die Betonung auf Dorsalsubluxation und im zweiten Fall auf Rotation liegt.

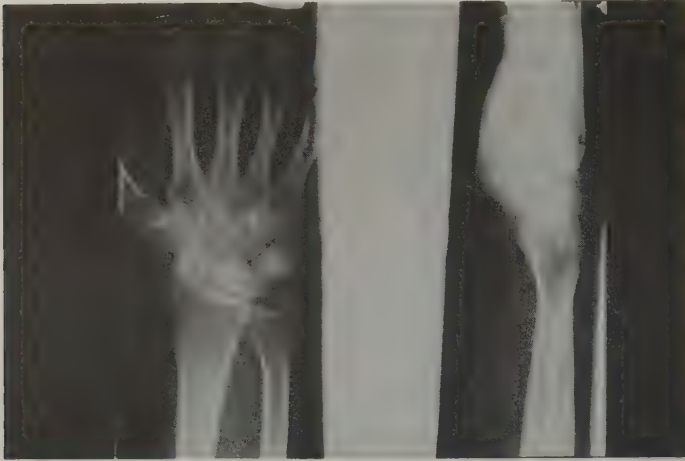
Diese unterschiedliche Akzentuierung zeigt sich auch in den SR-Winkeln. Die Gewichtung auf Dorsalsubluxation zeigt sich in einem SR-Winkel von 77°, während die Betonung auf Rotation einem normalen SR-Winkel von 54° entspricht.

- Luxation der Teilprothese nach dorsodistal (Bildfolge 8)

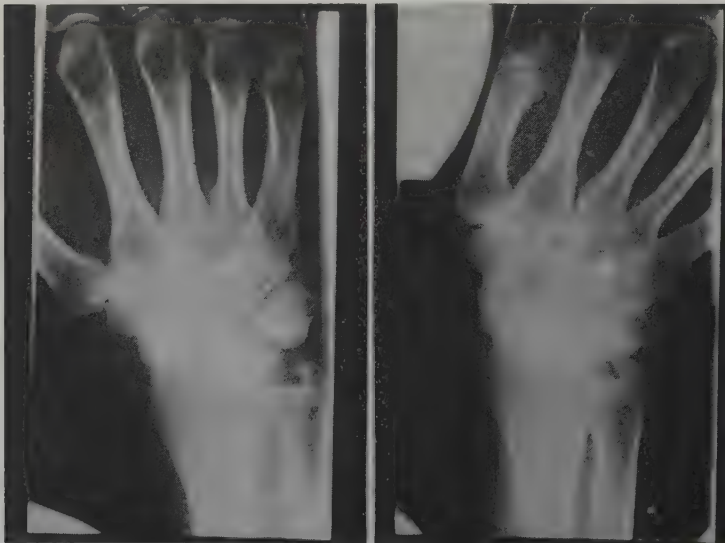
Bei einem Patienten ist die Prothese in P.A.-Aufnahme nicht zu sehen, der Prothesenraum, freigegeben von dem resezierten Scaphoid-Fragment, ist leer, die distale Handwurzelreihe nähert sich im radialen Bereich dem Radius und

Bildfolge 7

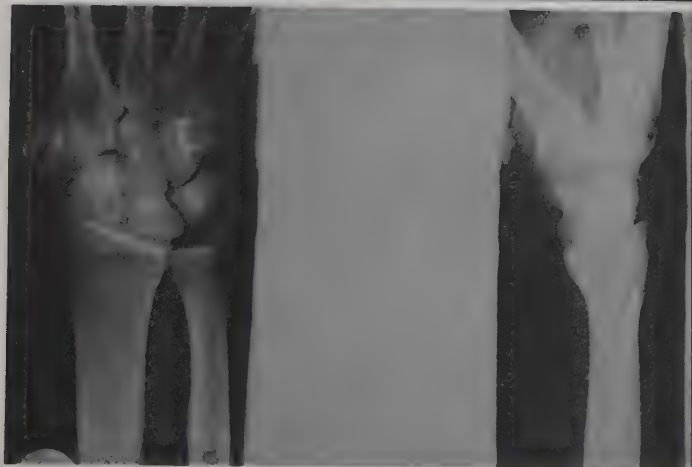
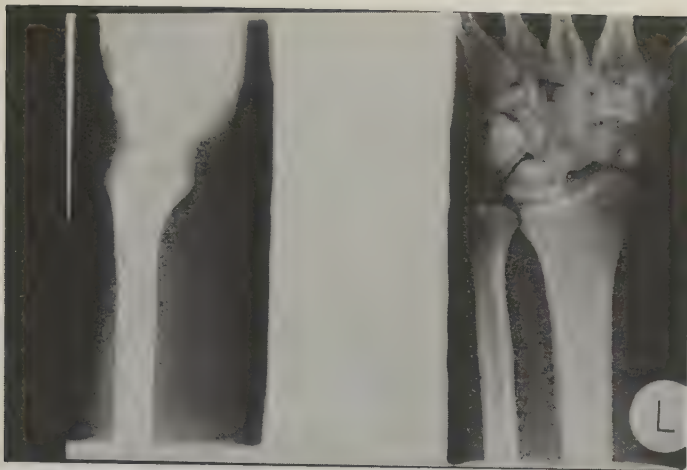
Rotationssubluxation einer proximalen Scaphoid-Teilprothese nach dorsal



- A) Verkürzung des Radius-Capitatum-Abstandes bei gleichzeitiger Überlagerung von Prothesenmaterial und distalem Scaphoid-Fragment.
- B) Ein Prothesenanteil findet sich dorsal der dorsalen Handwurzelkontur.



- C) Radialabduktion: Das distale Scaphoid-Fragment scheint sich in den processus styloideus radii zu verkeilen.
- D) Ulnarabduktion: Schnabelartige Dislokation der Prothese über die Tangente Radius-Trapezium infolge Rotation der Prothese nach dorsal.



Bildfolge 8

Luxation der prox. Scaphoid-Teilprothese nach dorsodistal.

- A) Seitliche Aufnahme: Ein Prothesenanteil ist in Höhe der Capitatummitte dorsal der dorsalen Handwurzelgrenze zu sehen.
- B) Der nach Resektion des proximalen Scaphoid-Fragmentes freigegebene Prothesenraum ist leer.
- C) In Dorsalflexion ist die Prothese sehr deutlich nach dorsodistal verlagert.
- D) Ulnarflexion: An der Grenze zum erhaltenen distalen Scaphoid-Fragment ist ein Teil der luxierten Prothese zu sehen.

Bildfolge 9

Luxation der prox. Scaphoid-Teilprothese nach palmar.

- A) Der Scaphoid-Prothesenkomplex scheint verkürzt.
 - B) Ein Prothesenanteil erscheint palmar der palmaren Lunatumgrenze infolge Luxation der Prothese nach palmar.
-

das distale Scaphoid-Fragment sitzt auf dem processus styloideus radii (Bildfolge 8 B). In seitlicher Aufnahme kann man die Prothese schließlich dorsal der dorsalen Handwurzelgrenze distal des Lunatum in Höhe der Capitatum-Mitte sehen (Bildfolge 8 A). In gehaltener Ulnarabduktion ist in dem für die Prothese vorgesehenen Raum an der Grenze zum distalen Scaphoidfragment ein kleiner Prothesenteil zu sehen (Bildfolge 8 D). In Dorsalflexion findet sich die Prothese noch weiter als in Neutralstellung nach dorsodistal verlagert (Bildfolge 8 C).

Es ergibt sich somit eine vollständige Luxation der Prothese nach dorsal und distal bis in Höhe des mittleren Capitatum-Bereiches.

● Luxation der Teilprothese nach palmar (Bildfolge 9)

In P.A.-Aufnahme zeigt sich in einem Fall ein verkürzter Scaphoid-Prothesenkomplex mit sehr kleinem Prothesenanteil (Bildfolge 9 A). Die Ursache dieser Verkürzung ist in seitlicher Aufnahme zu sehen, in welcher die Prothese palmar der palmaren Lunatumgrenze zu finden ist (Bildfolge 9 B). In Ulnarabduktion befindet sich die Prothese zwischen Lunatum und distalem Scaphoid, während in Radialabduktion dieselbe nicht gefunden werden kann.

Hier liegt eine Luxation der kleinen Prothese nach palmar vor.

NAME	Rotations- subluxation nach dorsal	Luxation nach dorsodistal	Luxation nach palmar
B.J. w 51	X		
G.J. m 28	X		
R.M. m 20		X	
S.A. m 29			X

Tab. 8.2.2.6 Patienten mit Dislokationen der proximalen Scaphoid-Teilprothesen.

	Sitz gut	Rotations- subluxation nach dorsal	Luxation nach dor- sodistal	Luxation nach pal- mar
n	17	2	1	1
%	80,95 %	9,52 %	4,76 %	4,76 %
%	80,95 %		19,05 %	

Tab. 8.2.2.7 Sitz der proximalen Scaphoid-Teilprothesen

8.2.2.5 Carpalinstabilitäten

Definition und Klassifikation sind in den Kapiteln über Carpalinstabilitäten (5.2) nachzulesen.

Folgende Carpalinstabilitäten (nachfolgend "CI") finden sich bei prox. Scaphoid-Teilprothesen-Trägern (Tab. 8.2.2.8 - 8.2.2.12).

● Dorsalflexion des Lunatum

In allen Fällen ist das Lunatum dorsalflektiert, wobei in 10 Fällen (47,62 %) selbst in maximaler Palmarflexion keine Kippung des Lunatum in eine palmarflektierte Stellung gelingt (Tab. 8.2.2.8).

● DISI - SL-Dissoziation Tab. 8.2.2.8 und 8.2.2.9

Unter den 20 Patienten, bei denen eine Achsenzeichnung möglich war, zeigten 5 einen SL-Winkel unter 60°, 11 befanden sich in dem Bereich zwischen 60° und 80°, während bei 4 Patienten die SL-Achsen mit mehr als 80° auseinanderklafften.

Legt man die Definition Gilulas zugrunde (siehe CI 5.2), so zeigen 5 Patien-

ten keine SL-Dissoziation, 11 sind als verdächtig anzusehen und 4 weisen eine eindeutige Dissoziation auf.

Nimmt man Linscheid als Maßstab (siehe CI 5.2), so sind Gilulas verdächtige Fälle aufzuteilen mit 5 in die gesunde und mit 6 in die pathologische Gruppe. So zeigt genau die Hälfte bezüglich der SL-Dissoziation unauffällige und die andere Hälfte krankhafte Befunde.

- DISI - Zentrale Carpalinstabilität Tab. 8.2.2.8 und 8.2.2.11

Für eine zentrale CI (Talseinik 96) ist eine Dorsalflexion des Scaphoids bei gleichzeitiger Dorsalkippung des Lunatums erforderlich. Betrachtet man Tabelle 8.2.2.11, die die 5 Patienten mit völlig normalen SL-Winkeln darstellt, so ist in den ersten 3 Fällen auch der RS-Winkel als regelrecht zu bezeichnen, so daß hier keine zentrale CI festzustellen ist. In den letzten beiden Fällen bewegt sich hingegen der RS-Winkel im unteren Bereich und das Lunatum ist sicherlich dorsalflektiert, zumal es selbst in maximaler Palmarflexion nicht gelingt, das Lunatum nach palmar zu drücken. Man kann hier -besonders im letzten Fall- eine zentrale Carpalinstabilität als Form der DISI formulieren.

- SC-Diastase

Eine SC-Diastase war bei keinem Teilprothesenträger festzustellen.

- Ulnare Translokation Tab. 8.2.2.8 und 8.2.2.12

In einem Fall findet sich eine Verschiebung der proximalen Carpalreihe nach ulnar im Sinne einer ulnaren Translokation ohne SL-Dissoziation.

Es besteht eine Kluft zwischen radialen Scaphoidrand und processus styloideus radii, das Trapezium ist dem Radius angenähert und mehr als 50 % des Lunatums stehen über den ulnaren Rand des Radius nach ulnar hinaus.

- Andere CI

Andere CI waren nicht zu sehen.

	Palmar- flexion des Luna- tums mög- lich ?	∠ RL in N.N.	∠ SL in N.N.	∠ SR in N.N.	DISI SL-Dis- sozia- tion	DISI Zentrale CI	Ulnare Translo- kation
B.J. w 51	—	15°d	93°	77°	X		
B.H. m 26	+	7°d	56°	49°			
B.H. m 36	+	11°d	66°	56°	?		
D.B. m 20	+	17°d	78°	61°	?		
E.J. m 41	+	14°d	72°	58°	?		
G.J. m 28	—	20°d	76°	54°	?		
G.P. m 43	—	10°d	66°	56°	?		
H.H. m 28	+	17°d	67°	52°	?		
H.K. w 21	+	14°d	59°	44°			
H.HJ. m 60	—	23°d	77°	55°	?		
H.P. m 41	+	9°d	56°	47°			
L.W. m 47	—	15°d	56°	41°		?	
M.A. w 28	+	14°d	-	-			X
M.K. m. 31	—	21°d	82°	60°	X		
P.J. m 22	+	8°d	73°	64°	?		
P.H. m 44	—	14°d	49°	35°		X	
P.R. m 39	—	18°d	81°	62°	X		
R.M. m 20	—	22°d	81°	59°	X		
S.S. m 25	—	37°d	79°	43°	?		
S.X. m 24	+	18°d	67°	49°	?		
S.A. m 29	+	15°d	69°	53°	?		

Tab. 8.2.2.8 Carpalinstabilitäten bei prox. Scaphoid-Teilprothesen

		<60°	60°-80°	>80°	
Gilula (43)	n	5	11	4	20
	%	25 %	55 %	20 %	100 %
Linscheid (59)	n	10		10	20
	%	50 %		50 %	100 %

Tab. 8.2.2.9 Scaphoid-Teilprothesen-Lunatum-Winkel in Neutralstellung

30° - 60°	>60°
16	4
80 %	20 %

Tab. 8.2.2.10 Scaphoid-Teilprothesen-Radius-Winkel in Neutralstellung

NAME	∠SL	∠SR	∠RL	Palmarflexion des Lunatums möglich?
B.H. m 26	56°	49°	7°d	+
H.K. w 21	59°	44°	14°d	+
H.P. m 41	56°	47°	9°d	+
L.W. m 47	56°	41°	15°d	—
P.H. m 44	49°	35°	14°d	—

Tab. 8.2.2.11 Zentrale Carpalinstabilität bei Scaphoid-Teilprothesen

	D I S I		I		Ulnare Translo- kation	Ø CI
	SL-Dissoziation ja	fraglich	Zentrale CI ja	fraglich		
n	4	11	1	1	1	3
%	19,05%	52,38%	4,76%	4,76%	4,76%	14,29%
n	15		2		1	3
%	71,43%		9,52%		4,76%	14,29%
n	18					3
%	85,71%					14,29%

Tab. 8.2.2.12 Carpalinstabilitäten bei Scaphoid-Teilprothesen (proximal)

8.2.2.6 Sonstiges
Tab. 8.2.2.5

● Arthrose

In 6 Fällen (28,57 %) waren keine arthrotischen Veränderungen zu sehen, während 11 Patienten im Radiocarpalbereich Veränderungen im Sinne einer Arthrose zeigten. In 4 Fällen war dies vergesellschaftet mit degenerativen Umwandlungen im Intercarpal- und einmal im STT-Gelenk.

STT-Arthrose ist dreimal zu sehen, je einmal kombiniert mit Radiocarpal- und Intercarpalarthrose.

Arthrotische Veränderungen im Intercarpalgelenk stellt man 7 mal fest, davon 4 kombiniert mit Erscheinungen im Radiocarpal- und einmal im STT-Gelenk.

Auch hier gilt das bereits bei den Vollprothesen Gesagte: Es ist nicht zu entscheiden, ob diese arthrotischen Veränderungen bereits vor oder erst in der Folge der Implantation der Teilprothese bestanden bzw. entstanden. Es standen einfach zu wenig präoperative Bilder zur Verfügung, um anhand eines Vergleiches eine sinnvolle Aussage machen zu können.

● Lunatumexostosen

Bei 10 Patienten (47,62 %) können teilweise erhebliche An- und Umbauvorgänge am dorsalen Pol des Lunatums im Sinne von Lunatumexostosen beobachtet werden. Auch hier spielen offensichtlich die überwiegend dorsalflektierten Lunata die verändernde Rolle. Das Capitatum wandert etwas dorsal und provoziert so die Veränderungen am dorsodistalen Lunatum-Pol.

8.2.3 Distale Scaphoid-Teilprothesen

8.2.3.1 Material: Patienten

Zur Nachuntersuchung erschienen 7 Patienten mit distalem Scaphoid-Ersatz. Darunter waren drei Patienten, deren Prothese im Trapezium, ein Patient, bei dem die Prothese sowohl im Trapezium als auch im prox. Scaphoidrest, zwei Patienten, bei denen die Prothese allein im prox. Scaphoidrest verankert war, sowie ein Patient mit einer Häubchenprothese auf dem distalen Scaphoidpol. Unter den Patienten befinden sich 6 Männer und eine Frau, das Alter bewegte sich zwischen 21 und 57 Jahre, durchschnittlich 34,14 Jahre. Die Implantationsdauer reichte von 4 bis 41 Monate, durchschnittlich 23,7 Monate.

8.2.3.2 Meßergebnisse: Winkel, Bewegung

Tab. 8.2.3.1 und 8.2.3.2 (Bildfolge 10 und 11)

DISTALE SCAPHOID-TEILPROTHESE =====

Winkel

NAME	$\star_{RC}$ $\leq$	$\star_{RC}$ r_u	$\star_{RC}$ $\leq$	$\star_{RC}$ p_d	$\star_{RL}$ $\leq$	$\star_{RL}$ p_d	$\star_{LC}$ $\leq$	$\star_{LC}$ p_d	$\star_{SL}$ p_d	$\star_{SR}$ p_d	$\star_{SC}$ p_d	$\star_{LC}$ $in\ in$	$\star_{LR}$ $in\ in$	$\star_{RC}$ $in\ in$
F.R. m 21	I 21	16-0-29	151	68-0-83	58	30-0-28	93	38-0-55	1)			3d	3d	6d
M.K. m 25	I 34	22-0-12	101	44-0-57	17	0-10-27	84	54-0-30				14p	25d	3d
S.V. m 35	I 45	6-0-39	120	44-0-76	63	33-0-30	57	11-0-46				5d	8d	13d
H.C. m 24	II 55	22-0-33	136	61-0-75	53	13-0-40	83	48-0-35	75- 63-34	88-38-0-7	26-49-68	14p	25d	11d
F.M. w 29	III*	17-0-16	103	44-0-59	31	0-22-53	72	66-0- 6	115-103-82	93-56-30	49-59-89	43p	46d	3d
P.J. m 48	III 23	9-0-14	61	26-0-42	25	0-10-35	36	36-0- 0	104-101-78	92-60-42	66-67-78	34p	40d	6d
R.M. m 57	III 28	23-0- 5	66	28-0-38	23	0- 9-32	43	37-0- 6	83- 68-57	74-38-25	45-53-63	14p	28d	14d

I: Verankerung der Teilprothese im Trapezium

II: Verankerung der Teilprothese im Trapezium und gleichzeitig im prox. Scaphoid-Fragment (Bildfolge 10)

III*: Verankerung der Teilprothese im prox. Scaphoid-Fragment (Häubchenprothese) (Bildfolge 11)

III: Verankerung der Teilprothese im prox. Scaphoid-Fragment

1): Scaphoid-Teilprothesen-Achse nicht bestimmbar.

DISTALE SCAPHOID-TEILPROTHESEN

Bewegung

NAME		RC		RL		LC		SL		SR		SC	
		P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D
F.R. m 21	I	74	77	33	25	41	52	1)					
M.K. m 25	I	53	48	13	4	40	44						
S.V. m 35	I	57	63	41	22	16	41						
H.C. m 24	II	72	64	38	15	34	49	12	29	50	45	23	19
F.M. w 29	III	47	56	24	7	23	49	12	21	37	26	10	30
P.J. m 48	III	32	29	30	-5	2	34	3	23	32	18	1	11
R.M. m 57	III	42	24	19	4	23	20	15	11	36	13	8	10

Tab. 8.2.3.2 Bewegung (Erläuterungen: siehe vorangehende Seite)

Name	Verankerung d. Prothese	Sitz gut	Dislokation	SL-Kluft	SC-Diastase	DISI SL-Dissoziation	DISI Zentrale CI	Arthrose	Lunatum-exostosen	Sonstiges	Ulnarvor-schub
F.R.	Trapezium	X									
M.K.	Trapezium		X		X		X	RC, IC	X		
S.V.	Trapezium		X		X			RC, IC	X		
H.C.	Trapezium und prox. Scaphoid	X					X				
F.M.	prox. Scaphoid	X				X		RC, STT	X	Häubchenprothese, perilunäre Luxation	X
P.J.	prox. Scaphoid	X				X		RC, IC		fragliche Nekrose des prox. Scaphoid-Fragments, perilunäre Luxation	
R.M.	prox. Scaphoid	X					X	RC	X	Nekrose des prox. Scaphoid-Fragmentes	

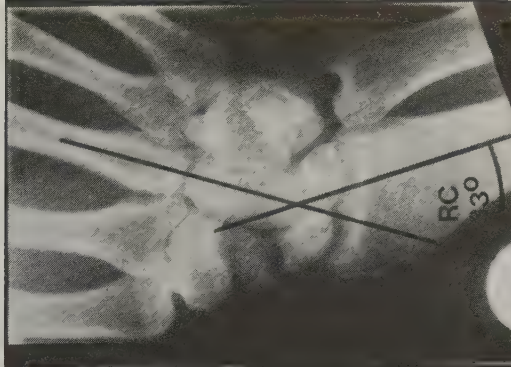
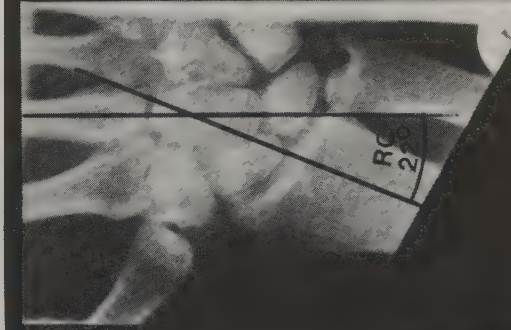
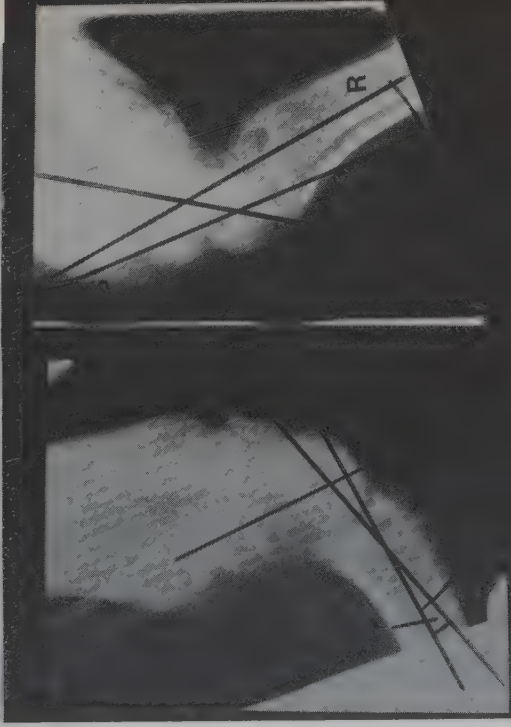
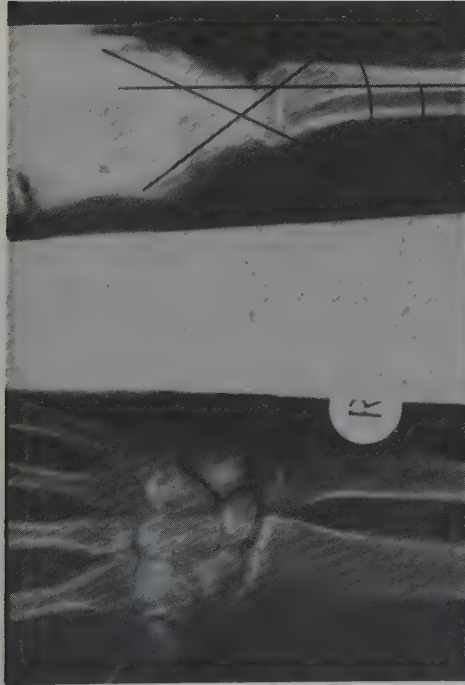
Tab. 8.2.3.3 Handwurzelbeurteilung - distale Scaphoid-Teilprothesen

Funktionelle Aufnahmen einer Hand mit einer distalen Scaphoid-Teilprothese mit Verankerung im Trapezium und im proximalen Scaphoid-Fragment.

A,B) Hand in Neutralstellung im posteroanterioren bzw. seitlichen Strahlengang: SR=38°, RL=25°. Prothese und Lunatum dorsalflektiert = Zentrale Carpalinstabilität.

C,D) Hand in maximaler Palmar- und Dorsalflexion: gute Beweglichkeit.

E,F) Hand in maximaler Radial- bzw. Ulnarabduktion: Ausgezeichneter Bewegungsablauf mit nur unwesentlich eingeschränktem Gesamtbewegungsablauf.



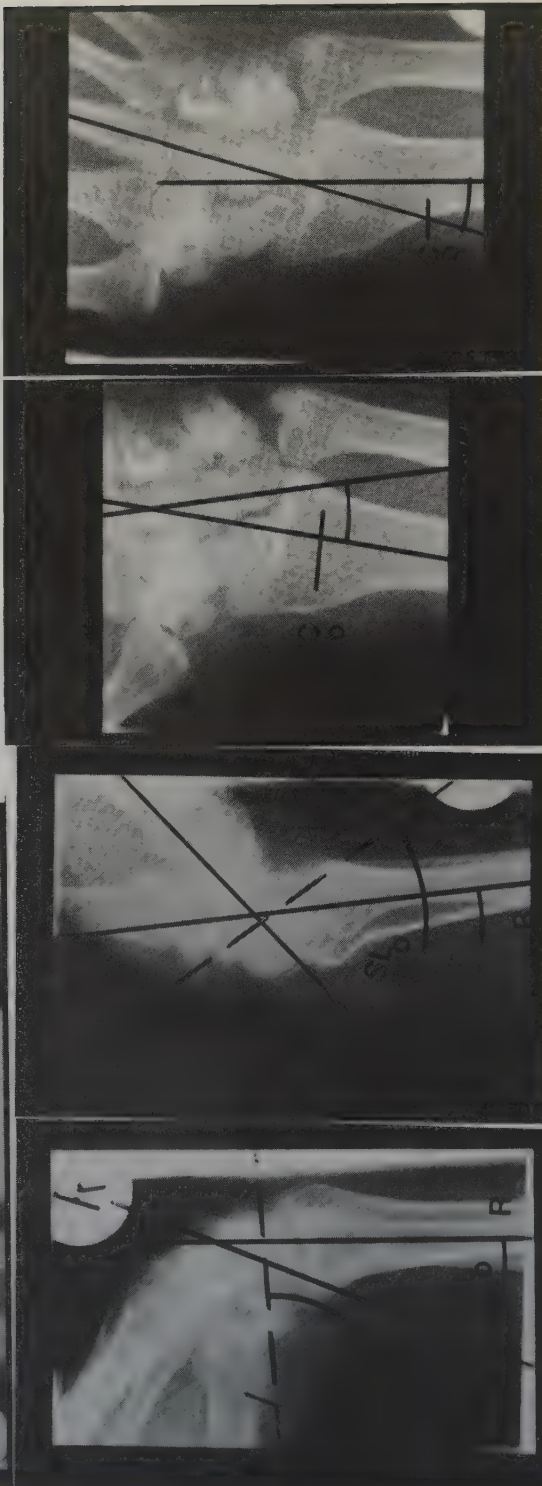
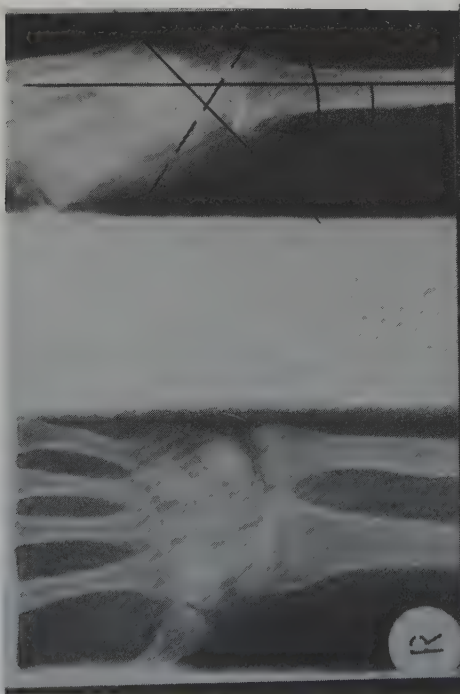
Bildfolge 11

Funktionelle Aufnahmen einer Hand mit einer Scaphoid-Häubchenprothese mit Verankerung im Scaphoid.

A,B) Hand in Neutralstellung im posteroanterioren bzw. seitlichen Strahlengang: RL=46°, SL=103°. Dorsalflexion des Lunatums bei regelrechter Scaphoidlage = DISI in Form einer SL-Dissoziation.

C,D) Hand in maximaler Palmar- und Dorsalflexion: Bewegungsumfang gegenüber normal etwa um ein Drittel eingeschränkt.

E,F) Hand in maximaler Radial- und Ulnarabduktion: Bewegung nahezu um die Hälfte eingeschränkt.



8.2.3.3 Prothesensitz

Bei den Patienten mit distalen Teilprothesen zeigt sich in 5 Fällen ein überaus guter Sitz ohne Dislokationen, und zwar in den 3 Fällen der Verankerung der Prothese im belassenen Scaphoid-Teil, in dem Fall, wo die Prothese bilateral implantiert wurde, sowie in einem Fall einer Verankerung im Trapezium. In 2 der Fälle, in denen eine Verankerung im Trapezium erfolgte, ist der proximale Teil der Prothese weit nach radial verlagert (Tab. 8.2.3.3).

Radiale Dislokation der Prothese

In einem Fall scheint die Prothese als Ganzes nach radial verlagert, im anderen lediglich im proximalen Bereich. Die Prothese überlagert jedesmal deutlich die Tangente Trapezium-Radius in radialer Richtung. Zeichen dieser radialen Verlagerung ist eine SC-Diastase von 3 und 5 mm. Ursache dieser Veränderung ist sicherlich keine Luxation in radioulnarer Richtung, da die beschriebenen Prothesen-Carpalknochen-Beziehungen auch in den gehaltenen Abduktionsaufnahmen konstant bleiben. Es besteht die Möglichkeit einer Rotation der Prothese um eine Achse, die dem intramedullären Prothesenzapfen entspricht.

Als letztes könnte natürlich diese scheinbare Dislokation bereits intraoperativ festgelegt worden sein, wenn eine den natürlichen Lagebeziehungen angepaßte Bohrung für die Halterung nicht möglich war.

8.2.3.4 Carpalinstabilitäten

Bei den Patienten mit distalem Scaphoid -Teilersatz fanden sich folgende Veränderungen der Handwurzel im Sinne von Carpalinstabilitäten: Tab. 8.2.3.3-8.2.3.5

● Dorsalflexion des Lunatums Tab. 8.2.3.4

In 5 Fällen beobachtet man eine auffällige Dorsalflexion des Lunatums, wobei es in einem Fall gelingt, bei maximaler Palmarflexion das Lunatum in palmarflektierte Position zu bewegen (Prothese im Trapezium verankert). In den zwei übrigen Fällen (Prothese im Trapezium verankert), liegen regelrechte Verhältnisse vor.

● DISI Tab. 8.2.3.4-8.2.3.5

Für die Diagnose einer DISI ist neben der Dorsalflexion des Lunatums auch die

Betrachtung der SL- und SR-Winkel erforderlich. Die Achse ist nur in den Fällen in den Scaphoid-Prothesen-Komplex einzuzichnen, in denen die beiden Teile fest miteinander verknüpft sind, während im Fall der Verankerung der Prothese im Trapezium keine festere Beziehung zwischen Prothese und Scaphoid zustande kommt. Es ist im letzteren notwendig, genau den belassenen Scaphoid-Teil zu verfolgen und zu versuchen, sich annähernd eine Achse in das Scaphoid hineinzudenken, obgleich dies wissenschaftlich-mathematischer Genauigkeit entbehrt.

Letztlich findet man 5 DISI, die im einzelnen folgenden Formen zugeordnet werden können:

- SL-Dissoziation:

In zwei Fällen, in denen die Prothese im proximalen Scaphoid verankert worden ist, beobachtet man einen SL-Winkel von 101° bzw. 103° bei gleichzeitiger Dorsalflexion des Lunatums von $40^\circ(!)$ bzw. $46^\circ(!)$. Es liegt eine DISI in Form einer SL-Dissoziation vor (Bildfolge 11 B).

- Zentrale CI:

In 3 Fällen findet man neben der Dorsalflexion des Lunatums auch das Scaphoid dorsalrotiert, was sich an den SR-Winkeln von zweimal 38° zeigt. Im dritten Fall ist es nicht möglich, aus den oben angeführten Gründen, die Scaphoidachse zu bestimmen. Verfolgt man aber das proximale Scaphoidfragment bis zur Taille, die eben noch erhalten ist, so ist diese soweit nach distal verschoben, so daß man durchaus auch hier eine Dorsalrotation des Scaphoids annehmen kann, obgleich die Prothese die Dorsalflexion nicht mitmacht (Bildfolge 10 B).

● SC-Diastase Tab. 8.2.3.4

In zwei Fällen einer Verankerung der Prothese im Trapezium beobachtet man eine Kluft zwischen Prothese und Capitatum.

● Weitere CI

Es waren keine weiteren CI zu sehen.

Nachtrag zum Begriff "Carpalinstabilitäten" bei Teilprothesen

● DISI - ZCI

Wie man anhand des Beispiels unter DISI-ZCI, wo die Prothese im Trapezium verankert ist, sehen kann, birgt der für Handwurzeln ohne Prothese geschaffene CI-Begriff in diesem Fall gewisse Schwierigkeiten. Es drängt sich die Frage

auf, ob man von einer ZCI sprechen darf, wenn zwar das Lunatum und der Scaphoidteil, der belassen wurde, dorsalrotiert, während die Prothese, gewissermaßen der distale Scaphoidteil, in regelrechter Position verharret.

NAME	Prothesen- verankerung im	Palmar- flexion d. Luna- tums mög- lich?	✗RL in N.N.	✗SL in N.N.	✗SR in N.N.	DISI SL-Dis- sozia- tion	DISI Zen- tra- le CI	S-C- Diasta- se
F.R. m 21	Trapezium	+	3°d	-	-			
M.K. m 25	Trapezium	—	23°d	-	-		X	X
S.V. m 35	Trapezium	+	8°d	-	-			X
H.C. m 24	Trapezium + prox. Scaphoid	+	25°d	63°	38°		X	
F.M. w 29	prox. Sca- phoid	—	46°d	103°	56°	X		
P.J. m 48	prox. Sca- phoid	—	40°d	101°	60°	X		
R.M. m 57	prox. Sca- phoid	—	28°d	68°	38°		X	

Tab. 8.2.3.4 Carpalinstabilitäten bei distalen Scaphoid-Teilprothesen

		Ø	DISI		SC- Diastase
		CI	SL-Disso- ziation	Centrale CI	
n	1		2	3	2
n	1	7			

Tab. 8.2.3.5 Carpalinstabilitäten bei distalen Scaphoid-Teilprothesen
(In einem Fall liegt sowohl eine Zentrale Carpalinstabilität als auch eine SC-Diastase vor.)

8.2.3.5 Sonstiges
Tab. 8.2.3.3

● Arthrose

In 5 Fällen fanden sich arthrotische Veränderungen im Radiocarpalgelenk, davon dreimal kombiniert mit Intercarpal- und einmal mit STT-Arthrosen.

Bei zwei Patienten, bei denen die Verankerung der Prothese im Trapezium erfolgte, fanden sich keine Veränderungen hinsichtlich Arthrose.

● Lunatumexostosen

Degenerative Veränderungen am Lunatum konnte man bei 4 Patienten feststellen.

● Perilunäre Luxation

In zwei Fällen nimmt die Dorsalflexion des Lunatums erhebliche Ausmaße an, wobei sich gleichzeitig das Capitatum weit nach dorsal verlagert, so daß dieses nur noch mit dem äußersten Bereich des dorsalen Lunatum-Pols artikuliert. In diesen Fällen liegt eine perilunäre Luxation vor.

● Nekrose des proximalen Scaphoid-Fragmentes

Bei drei Patienten erfolgte die Verankerung der Prothese allein im proximalen Scaphoidfragment.

Einmal handelt es sich lediglich um eine Häubchenprothese, so daß der allergrößte Teil des Scaphoids erhalten blieb.

In den übrigen zwei Fällen ist etwa die Hälfte des Scaphoids reseziert worden. Hier zeigt das proximal erhaltene Fragment diffuse Auflockerungen und Verdichtungen, ein sehr ungeordnetes Bild ohne regelrechte Knochenstruktur. Es liegt jeweils eine Veränderung im Sinne einer Nekrose des proximalen Fragmentes vor.

8.2.4 Lunatum-Prothesen

8.2.4.1 Material: Patienten

Zur Nachuntersuchung erschienen 6 Patienten mit Lunatum-Prothesen. Dabei trug ein Patient eine Häubchenprothese auf der dem Scaphoid zugewandten Lunatumfläche, ein weiterer eine Scaphoid-Vollprothese, die anstelle der resezierten Lunatum und Triquetrum implantiert und im os pisiforme verankert wurde, und 4 Patienten trugen eine echte Lunatum-Vollprothese mit Zapfen im Triquetrum. Bei einem Durchschnittsalter von 36,7 Jahren bewegte sich das Alter in dieser Patientengruppe aus zwei Frauen und vier Männern zwischen 20 und 59 Jahren.

Die Implantationsdauer reichte von 5 bis 57 Monate, durchschnittlich 2 Jahre.

8.2.4.2 Meßergebnisse: Winkel, Bewegung

Tab. 8.2.4.1 und 8.2.4.2 (Bildfolge 12)

LUNATUM-PROTHESEN

Bewegung

NAME	RC		SR		SC	
	P	D	P	D	P	D
A.J. w 35	83	53	44	46	39	7
B.F. w 41	0	47	0	32	0	15
F.C. m 59	38	29	40	31	-2	-2
F.H. m 39	26	56	17	45	9	11
R.H. m 39	24	16	18	9	6	7
T.J. m 20	53	50	24	91	29	5

Tab. 8.2.4.2 Bewegung

LUNATUM-PROTHESEN

Winkel

NAME	RC u	RC u	RC d	SR d	SC d	SL in NN	LR in NN	RC in NN
A.J. w 35	65	24-0-41	136	64-0-72	85-41-0-5	21-60-67	1)	19d
B.F. w 41	33	6-0-27	47	0-17-64	47-47-15	64-64-79	1)	17d
F.C. m 59	49	16-0-33	67	16-0-51	77-37-6	61-59-57	69	22d
F.H. m 39	37	15-0-22	82	16-0-66	83-66-21	67-76-87	1)	10d
R.H. m 39	30	10-0-20	40	5-0-35	76-58-49	71-77-84	30	19d
T.J. m 20	27	11-0-16	103	41-0-62	93-69-0-22	52-81-66	1)	12d

Tab. 8.2.4.1 Winkel

1) = Lunatum-Prothesen-Achse nicht bestimmbar!

NAME	Verankerung der Prothese	Sitz gut	Dislo- kation	SL- Kluft	PISI	DISI	Unare Trans- lokation	Arthrose	Sonstiges	Ulnavor- schub
A.J.	Häubchen a. Lunatum	X							Häubchenprothese auf der dem Scaphoid zugewandten Lunatum-Fläche	
B.F.	Triquetrum		X			-		STT		X
F.C.	Triquetrum		X			?	X	STT		X
F.H.	Pisiforme	?				*	?	RC	Scaphoid-Vollprothese an- stelle von Lunatum und Triquetrum	
R.H.	Triquetrum		X	X	X		?	RC		X
T.J.	Triquetrum	X		X		*	?	RC		

Tab. 8.2.4.3 Handwurzelbeurteilung bei Lunatum-Prothesen (*)-Erläuterung nächste Seite

Erläuterung zu Tab. 8.2.4.3

*= Lunatum-Prothesen-Pole lassen sich nicht bestimmen. Scaphoid liegt palmarrotiert vor.

⇒ SL-Dissoziation, wenn Prothese dorsalrotiert (DISI)

⇒ Mediale CI, wenn Prothese palmarrotiert (PISI)

8.2.4.3 Prothesensitz

Bei einem Patienten mit implantierter Lunatum-Vollprothese sowie bei einem mit Lunatum-Häubchenprothese auf der dem Scaphoid zugewandten Lunatumfläche findet man sehr gute Lagebeziehungen des Lunatums vor. In den anderen Fällen liegen zwar keine Luxationen jedoch Verkipnungen vor, die sich, wie im folgenden ersichtlich, immer wieder mit Carpalinstabilitäten überschneiden (Tab. 8.2.4.3-8.2.4.5).

● Rotation der Prothese nach dorsal

In zwei Fällen liegt eine Rotation des Lunatum-Ersatzes um eine Achse, die im Verlauf dem Prothesenzapfen im Trapezium entspricht, vor. Im ersten Fall erkennt man in seitlicher Aufnahme einen Teil der Prothese palmar der palmaren Handwurzelkontur verlagert. Die Pole der Lunatum-Prothese lassen sich nicht verfolgen, so daß nicht festzustellen ist, in welchem Umfang das Lunatum dorsalrotiert vorliegt. Im anderen Fall kann man die Prothese relativ gut verfolgen. Dabei zeigt sich die Prothese in einer mit 32° nach dorsal rotierten Position, der palmare Pol reicht weiter nach distal als der dorsale und das Capitatum ist etwas nach dorsal verlagert. Auch in maximaler Palmarflexion verharrt die Prothese in einer Dorsalflexion (Bildfolge 12 B, D).

● Rotation der Prothese nach palmar

Ein Patient zeigt eine mit etwa 30° nach palmar rotierte Prothese, die selbst in maximaler Dorsalflexion nicht in eine dorsalflektierte Stellung bewegt werden kann. Das Capitatum ist gleichzeitig weit über die Mitte der Radiusgelenkfläche nach palmar gewandert. Es zeigt sich also eine Rotation der Prothese um eine dem Prothesenzapfen entsprechende Achse nach palmar.

● Scaphoid-Prothese mit Zapfen im Pisiforme als Lunatum-Ersatz

Diese individuelle Prothese ist insofern schwer zu beurteilen, als sie nicht begrenzt das Lunatum ersetzt, sondern im Anschluß daran gleichzeitig das Triquetrum. In seitlicher Position erscheint dorsodistal ein Teil der Prothese, der hier den Platz des entfernten Triquetrum einnimmt.

Bildfolge 12

Funktionelle Aufnahmen einer Hand mit einer Lunatum-Vollprothese

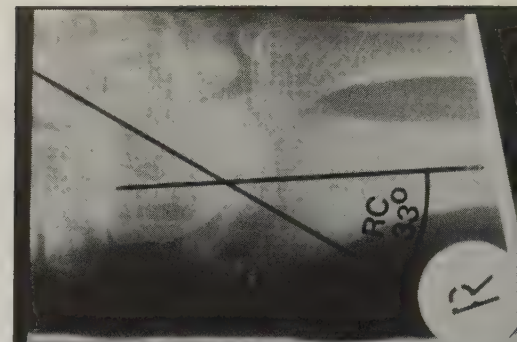
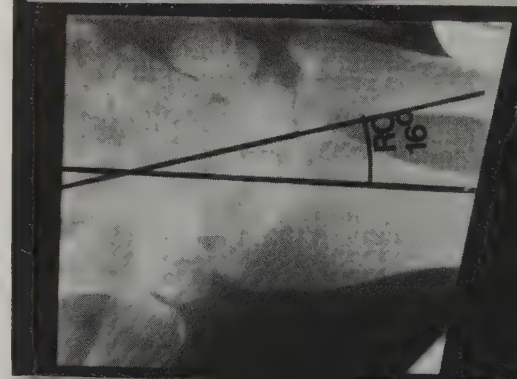
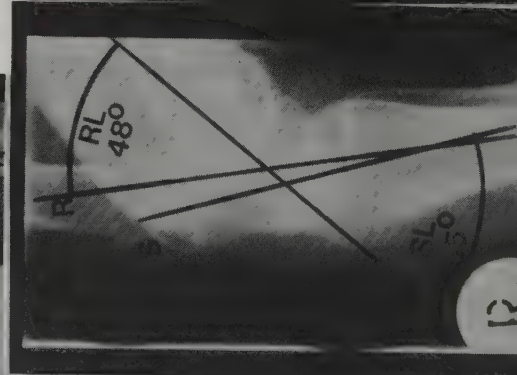
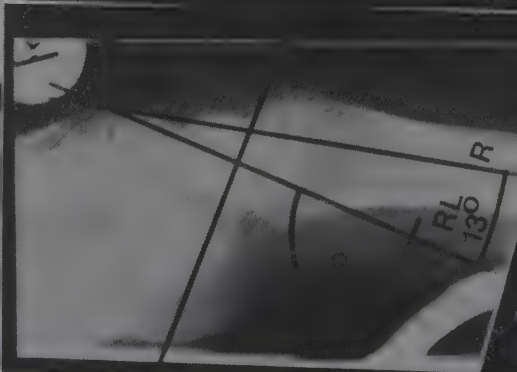
A) Verlagerung der proximalen Handwurzelreihe nach ulnar:
Ulnare Translokation.

B) Hand im seitlichen Strahlengang in Neutralstellung:

SR=37°. RL=32°. Scaphoid und Lunatum-Vollprothese dorsal-
flektiert.

C,D) Hand in maximaler Palmar- bzw. Dorsalflexion: Bewegung gegen-
über normal um die Hälfte eingeschränkt. Die Prothese verharrt
in Dorsalflexion.

E,F) Hand in maximaler Radial- bzw. Ulnarabduktion: Bewegung vor
allem nach radial eingeschränkt.



8.2.4.4 Carpalinstabilitäten

Tab. 8.2.4.6

● Dorsalflexion der Prothese Tab. 8.2.4.6

Eine Dorsalflexion der Prothese liegt in zwei Fällen vor, wobei es einmal selbst in maximaler Palmarflexion nicht gelingt, die Prothese in eine palmarflecktierte Stellung zu bewegen, während es im anderen Fall gänzlich unmöglich ist, die Handwurzel insgesamt zu beugen.

● Palmarflexion der Prothese Tab. 8.2.4.6

In einem Fall liegt die Prothese mit etwa 30° palmargebeugt vor.

● DISI - SL-Dissoziation Tab. 8.2.4.6

In einem Fall einer dorsalrotierten Prothese sind die Pole nicht festzustellen, so daß sich kein SL-Winkel bestimmen läßt, der ja notwendig ist, um eine SL-Dissoziation zu beweisen.

Im zweiten Fall mißt man einen SL-Winkel von 69°, gilt demnach nach Gilula (43) als für eine SL-Dissoziation verdächtig.

In zwei Fällen (einer Vollprothese und der erweiterten Lunatum-Prothese) liegen die SR-Winkel von 66° bzw. 69° deutlich außerhalb des von Gilula (43) genannten normalen Bereichs von 30° bis 60°. Es liegt jeweils eine Palmarrotation des Scaphoids vor. Ob diese vergesellschaftet ist mit einer SL-Dissoziation als Form der DISI oder mit einer Medialen CI oder PISI läßt sich aufgrund der Unmöglichkeit einer Prothesenachsenzeichnung nicht belegen.

● PISI - Mediale Carpalinstabilität Tab. 8.2.4.6

Mit 27° nach palmar rotiert zeigt sich eine Lunatum-Prothese. Selbst in maximaler Dorsalrotation verharrt die Prothese in palmarer Position. Der SL-Winkel beträgt 30°, das Capitatum ist auf der distalen Prothesen-Gelenkfläche nach palmar verlagert und das Scaphoid erscheint auf der P.A.-Aufnahme verkürzt. Nach Gilula, Taleisnik, Linscheid e.a. liegt hier ein PISI oder Mediale Carpalinstabilität vor.

● Ulnare Translokation Tab. 8.2.4.6 (Bildfolge 12 E, F)

In vier Fällen einer Lunatum-Vollprothese beobachtet man eine Verlagerung der proximalen Handwurzelreihe und zwar in drei Fällen im Sinne einer beginnenden und einmal einer manifesten ulnaren Translokation.

Im letzten Fall beobachtet man eine weite Kluft zwischen proc. styl. radii und lateralen Scaphoidrand, weiter zentriert die Mitte des Scaphoids über der ulnaren Radiusgelenkflächenhälfte, das Trapezium berührt fast den Radius und die Prothese sitzt mit mehr als 50 % ulnar der ulnaren Radiusgrenze.

In den beginnenden oder grenzwertigen Fällen erkennt man eine Prothese, die nahe 50 % ulnar der ulnaren Radiusgrenze steht, man sieht das Trapezium dem Radius genähert und das Scaphoid reicht eben noch bis zum proc. styl. radii. Hier müssen spätere Untersuchungen zeigen, ob sich diese Bewegung nach ulnar verstärkt und zu einer manifesten ulnaren Translokation führt, oder ob dieser von uns beschriebene Zustand stagniert.

NAME	Rotation nach dorsal	Rotation nach palmar
B.F. w 41	X	
F.C. m 59	X	
R. HD. m 39		X

Tab. 8.2.4.4 Patienten mit Dislokation der Lunatum-Prothese

Sitz gut	Rotation		Lage nicht bestimmbar
	nach dorsal	nach palmar	
2	2	1	1
2	3		1

Tab. 8.2.4.5 Lage der Lunatum-Prothesen

NAME	Prothese dorsal-flektiert	Prothese palmar-flektiert	SL in N.N.	SR in N.N.	DISI SL-Dissoziation	PISI	Ulnare Translokation
A.J. w 35				41°			
B.F. w 41	X			47°			
F.C. m 59	32°		69°	37°	?		X
F.H. m 26				66°	DISI o. PISI		?
R.HD.m 39		27°	30°	58°		X	?
T.J. m 20				69°	DISI o. PISI		?

Tab. 8.2.4.6 Carpalinstabilitäten bei Lunatum-Prothesen

8.2.4.5 Sonstiges
Tab. 8.2.4.3

● Arthrose

In einem Fall sieht man keine arthrotischen Veränderungen im Handwurzelbereich. In drei Fällen zeigen sich Veränderungen im Radiocarpal- und bei zwei weiteren Personen im STT-Bereich.

● Ulnavorschub

Bei drei der insgesamt sechs Patienten mit Lunatum-Ersatz beobachtet man einen Ulnavorschub, der wahrscheinlich nicht postoperativ entstanden, sondern vielmehr als eine Ursache diskutiert werden muß, die erst zu einer derart massiven Veränderung im Lunatum und damit zu einem Ersatz desselben geführt hat.

● Prothese zu klein

In 4 Fällen scheint die Prothese als für den Lunatum-Raum zu klein gewählt, wobei dies in zwei Fällen infolge einer Dorsal- bzw. Palmarrotation vorge-täuscht sein kann. 3 der 4 Fälle sind mit einer grenzwertigen oder manifesten ulnaren Translokation kombiniert, was als Folge eines zu kleinen Lunatum-Ersatzes diskutiert werden kann.

8.2.5 Trapezium-Prothesen

8.2.5.1 Material: Patienten

4 Patienten erschienen zur Nachuntersuchung mit Trapezium-Vollprothesen. Darunter befanden sich 3 Frauen und ein männlicher Patient. Das Alter bewegte sich von 51 bis 70, durchschnittlich 60 Jahre.

Die Prothesenimplantationsdauer reichte von 11 bis 33,5 Monate, durchschnittlich 21 Monate.

8.2.5.2 Meßergebnisse: Winkel, Bewegung

Tab. 8.2.5.1 und 8.2.5.2 (Bildfolge 13)

TRAPEZIUM-VOLLPROTHESEN

Bewegung

NAME	RC		RL		LC		SL		SR		SC	
	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D	P	D
A.M. w 70	43	79	23	30	20	49	4	26	18	50	25	29
B.M. w 59	52	66	29	30	23	36	4	30	31	62	22	3
K.A. w 60	2)											
S.R. m 51	70	55	54	3	16	52	1)					

Tab. 8.2.5.2 Bewegung

1) = Scaphoid-Achse nicht bestimmbar.

2) = RC-Winkel = 40° , daher für Bewegungsberechnungen ungeeignet.

TRAPEZIUM-VOLLPROTHESEN

Winkel

NAME	RC ≤	∠ RC u	∠ RC ≤	∠ RC d	∠ RL ≤	∠ RL d	∠ LC ≤	∠ LC d	∠ SL d	∠ SR d	∠ SC d	∠ LC in N.N.	∠ LR in N.N.	∠ RC in N.N.
A.M. w 70	41	12-0-29	122	43-0-79	53	2-0-51	69	41-0-28	79-75-49	71-53-3	28-53-82	21p	21d	0
B.M. w 59	42	19-0-23	118	52-0-66	59	28-0-31	59	24-0-35	67-63-33	95-64-2	43-65-68	1p	1d	0
K.A. w 60	47	3-0-44	123	53-0-70	39	24-0-15	84	29-0-55	56	81-19-0	28-59-70	40d	0	40d
S.R. m 51	47	24-0-23	125	61-0-64	57	13-0-44	68	48-0-20	1)			32p	41d	9d

Tab. 8.2.5.1 Winkel

1) = Scaphoid-Achse nicht bestimmbar!

Name	Verankerung der Prothese	P R O T H E S E Sitz gut	Dislo- kation	DISI- SL-Dis- soziation	DISI- Zentra- le CI	Arthrose	Sonstiges	Ulna- vorschub
A.M.	Metacarpale I	X		?		RC, SIT		X
B.M.	Metacarpale I	X				RC		?
K.A.	Metacarpale I		X			SIT	Prothese steht weit radial; Dia- stase zw. MC I und MC II und P. und Trapezoideum	
S.R.	Metacarpale I	X			?	RC	große Trap.-P., Stück von Scaphoid distal entfernt nach vorausgegan- ner Arthrodese	X

Tab. 8.2.5.3 Handwurzelbeurteilung bei Trapezium-Vollprothesen

Bildfolge 13

Funktionelle Aufnahmen einer Hand mit einer Trapezium-Vollprothese

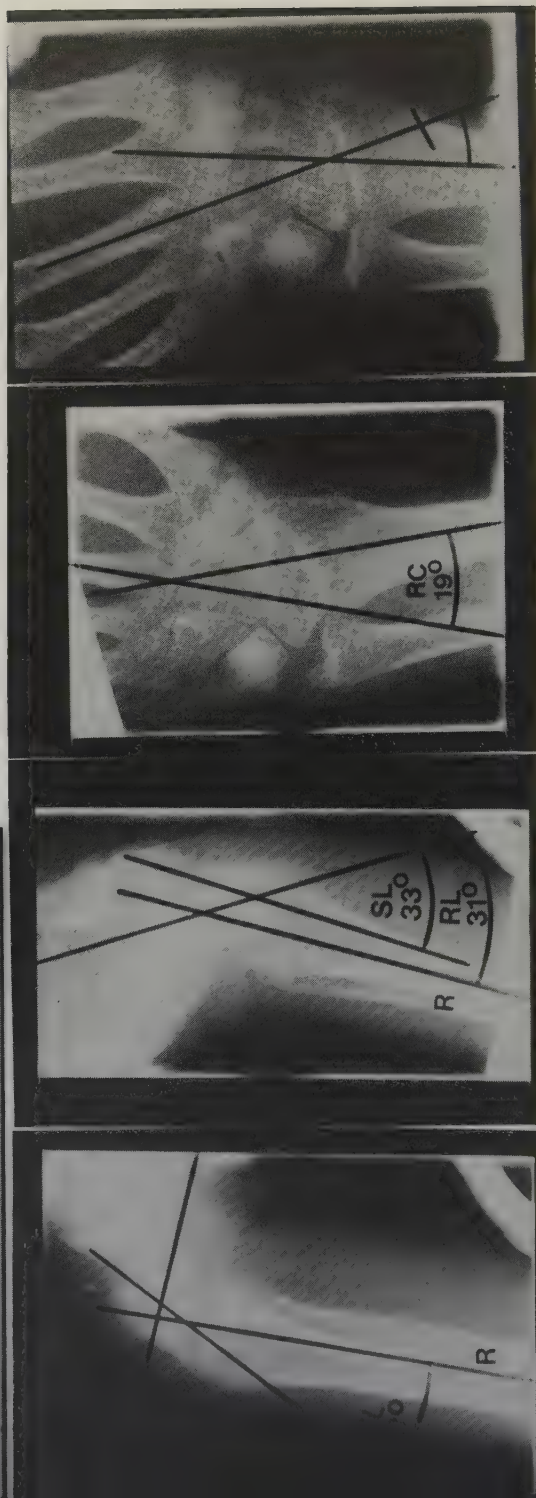
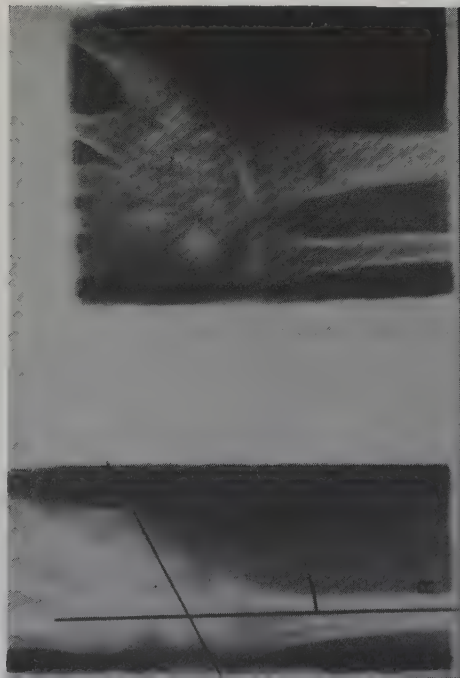
A) Hand in Neutralstellung im posteroanterioren Strahlengang:

SR = 64°. Regelrechte Lagebeziehungen.

B) Hand in Neutralstellung im seitlichen Strahlengang: Die Prothese überragt den Scaphoidrand nach radial.

C,D) Hand in maximaler Palmar- bzw. Dorsalflexion: Bewegungsumfang gegenüber normal etwa um ein Drittel eingeschränkt.

E,F) Hand in maximaler Radial- bzw. Ulnarabduktion: Bewegungsumfang gegenüber normal etwa um ein Drittel eingeschränkt.



8.2.5.3 Prothesensitz

Während sich in drei Trapezium-Vollprothesen eine relativ gute Lage der Prothese zeigt, ist in einem Fall eine Dislokation nach radial festzustellen (Tab. 8.2.5.3 - 8.2.5.4).

Dislokation nach radial

In einem Fall erkennt man am P.A.-Bild eine Verlagerung der Prothese weit nach radial. Sie überragt den distalen Scaphoidpol soweit nach radial, daß sie nur mehr mit einem Drittel des Scaphoids in Kontakt steht. Kombiniert mit dieser Dislokation ist eine Diastase zum Trapezium sowie eine Kluft zwischen den Basen von Metacarpale I und Metacarpale II.

8.2.5.4 Carpalinstabilitäten

Tab. 8.2.5.3-8.2.5.4

● Dorsalflexion des Lunatums

In zwei Fällen liegt mit 21° bzw. 41° ein deutlich dorsalflektiertes Lunatum vor. Beide Male gelingt es jedoch, das Lunatum bei Palmarflexion etwas in die palmarflektierte Position zu bewegen.

● DISI

Im Fall des mit 21° dorsalrotierten Lunatums mißt man einen SL-Winkel von 75°, der nach Gilula (43) in den für eine SL-Dissoziation verdächtigen Bereich fällt.

Bei dem Patienten, bei welchem das Lunatum mit 41° erheblich dorsalrotiert ist, läßt sich keine Scaphoidachse einzeichnen, da hier, wie zuvor bereits erwähnt, ein Teil des distalen Scaphoidabschnittes reseziert worden ist. Es läßt sich lediglich vermuten, daß hier eine zentrale Carpalinstabilität durch Dorsalrotation des Scaphoids infolge verminderter Haftung desselben stattgefunden hat.

● Andere Carpalinstabilitäten

Andere CI sind nicht festzustellen.

8.2.5.5 Sonstiges
Tab. 8.2.5.3

● Arthrose

In drei Fällen findet man Zeichen einer Radiocarpalarthrose, die in einem Fall kombiniert mit einer Veränderung im STT-Bereich ist. Eine auf den STT-Bereich beschränkte Arthrose beobachtet man bei einem Patienten.

● Ulnavorschub

Bei zwei Patienten beobachtet man einen Ulnavorschub, bei einem weiteren eine grenzwertige Plusvariante.

NAME	Palmarflexion des Lunatums möglich?	*RL in N.N.	*SL in N.N.	*SR in N.N.	DISI- SL-Dis- soziation	DISI- Zentrale CI
A.M. w 70	+	21°d	75°	53°	?	
B.M. w 59	+	1°d	63°	64°		
K.A. w 60	+	0°				
S.R. m 51	+	41°d				?

Tab. 8.2.5.4 Carpalinstabilitäten bei Trapezium-Vollprothesen

	RC-Bewegung	SL-Bewegung	RU-Bewegung
Normal	165,58°	47,50°	62,92°
Trapezium- Prothese	122°	33,33°	44,25°
%Einschränkung	26,32%	29,83%	29,67%

Tab. 8.2.5.5 Vergleich einiger Bewegungsmuster zwischen
Normalpersonen und Trapezium-Vollprothesen.

9. Diskussion

9.1 DISKUSSION DER EINZELNEN PROBANDEN- UND PATIENTENGRUPPEN

9.1.1 Gesunde Normalpersonen

Seitliche Aufnahmen

Die Beobachtung der Handwurzelbewegung während Flexion und Extension zeigt, daß an der Bewegung sowohl das Radiocarpal- als auch das Mediocarpalgelenk teilhaben. Radiocarpalgelenk, repräsentiert durch den RL-Winkel, und Mediocarpalgelenk, repräsentiert durch den LC-Winkel, sind mit unterschiedlicher Akzentuierung an Flexion und Extension beteiligt. Das Scaphoideum gehört anatomisch und funktionell sowohl zur ersten als auch zur zweiten Handwurzelreihe (siehe auch Kapitel 5.1.4: "Handwurzelmechanik").

Der gesamte Bewegungsumfang in der Flexionsebene verteilt sich zu 36,79 % auf das Radiocarpalgelenk und zu 63,21 % auf das Mediocarpalgelenk. Dabei obliegt die Flexionsbewegung zu 33,62 % dem Radiocarpalgelenk und zu 66,38 % dem Mediocarpalgelenk. Die Extensionsbewegung wird zu 40,34 % vom Radiocarpal- und zu 59,66 % vom Mediocarpalgelenk vollzogen (Abb. 8.1.1.3).

Mit der Verteilung der Bewegung in Mediocarpal- und Radiocarpalgelenk haben sich eine Vielzahl von Autoren befaßt. Dabei sind, der Vielzahl von Veröffentlichungen entsprechend, recht unterschiedliche Ergebnisse beschrieben worden. Einige dieser Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle zusammengefaßt (38, 57, 83):

	FLEXION		EXTENSION	
	RC	MC	RC	MC
FICK	45°-50°	30°-35°	35°	50°
LANZ	45°-50°	30°-35°	35°	50°
KAPLAN	65 -75 %	25 -35 %	15 -25 %	79-85 %
FISK	50 %	50 %	66,6 %	33,3 %
BUNNELL	22°	22°	44°	34°
BRUMFIELD	RC < MC		RC # MC	
WRIGHT	30°	50°	28°	16°
GRAY	RC < MC		RC > MC	
SARRAFIAN	40 %	60 %	66 %	34 %

Die unterschiedlichen Ergebnisse beruhen nach Sarrafian (83) wahrscheinlich teils auf der geringen Fallzahl, teils auf den differenten Methoden der Winkelbestimmung.

Anders als beispielsweise bei Sarrafian (83), einem der neueren Autoren, zeigen die Ergebnisse dieser Arbeit, daß Flexion und Extension gleichermaßen mehr auf einer Bewegung im Mediocarpalgelenk beruhen als im Radiocarpalgelenk.

Bei der Gesamtbewegung im Radiocarpalgelenk beträgt das Verhältnis Flexion : Extension 47,54 % : 52,46 % und die Bewegung im Mediocarpalgelenk teilt sich auf in Flexion und Extension in einem Verhältnis von 55,22 % : 44,78 %. Damit liegt im Radiocarpalgelenk ein leichter Schwerpunkt in der Extensionsbewegung, während im Mediocarpalgelenk die Flexion überwiegt. Die Größenunterschiede zwischen Flexion und Extension in den einzelnen Gelenken sind allerdings nicht besonderes groß. Insbesondere im Radiocarpalgelenk beträgt der Unterschied zwischen Flexion und Extension durchschnittlich nur 3°, so daß hier kein signifikanter Unterschied besteht. Aus diesem Ergebnis ließe sich folgern, daß sich die Bewegung in dorsovolarer Richtung im Mediocarpalgelenk und vor allem im Radiocarpalgelenk gleichmäßig auf Flexion und Extension verteilt.

Wie des öfteren - auch in früheren Kapiteln - erwähnt und beschrieben, nimmt das os scaphoideum eine Sonderstellung zwischen der proximalen und distalen Handwurzelreihe ein. Durch seine Nachbarschaft zum Lunatum und durch die Ligamentverbindungen zwischen den genannten Knochen steht es nicht nur in anatomischer, sondern auch in enger funktioneller Beziehung zum Lunatum. Gleichermaßen bestehen nachbarschaftliche und ligamentöse Verbindungen zum Trapezium, Trapezoideum und Capitatum, so daß auch hier funktionelle Beziehungen zutage treten.

Das Scaphoideum bewegt sich, in Bezug zum Radius, bei Flexion ebenso weit nach palmar (55°) wie bei Extension nach dorsal (55,42°).

Bei Extension verringert sich der SL-Winkel um 23,08°, während gleichzeitig der SC-Winkel um 22,58° zunimmt. In Flexion steigt der SL-Winkel um 24,42° an und gleichzeitig nimmt der SC-Winkel um 33,50° ab. Es zeigt sich also, daß in Extensionsbewegung das Scaphoid gegenüber dem Lunatum stärker rotiert als gegenüber dem Capitatum. In Flexionsbewegung liegen entgegengesetzte Verhältnisse vor: die Bewegung im SL-Gelenk ist geringer als im SC-Gelenk.

Aufgrund ähnlicher Ergebnisse kommen Sarrafian (83), Linscheid (59), Kauer (49) und andere zu dem Schluß, daß das Scaphoid in seiner besonderen Stellung bei

Extension funktionell der distalen Handwurzelreihe und bei Flexion der proximalen Handwurzelreihe zuzuordnen ist. In der vorliegenden jetzigen Studie unterstützen diese Überlegung nur die Flexionsbewegungen, während in den Extensionsbewegungen die Winkel mit $22,58^\circ$ bzw. $23,08^\circ$ einfach zu eng beieinanderliegen, so daß uns hier eine eindeutige Zuordnung zu proximaler oder distaler Handwurzelreihe sehr fragwürdig erscheint.

Weiterhin ist das Rotationsverhalten des Scaphoids in Bezug auf das Lunatum bemerkenswert. Da bei Palmarflexion alle Carpi nach palmar und bei Dorsalflexion nach dorsal rotieren und jeder Karpalknochen eine gewisse Eigenbeweglichkeit besitzt, ist als festes Bezugssystem z.B. der Radius zu wählen, um die Bewegung der Knochen untereinander verifizieren zu können:

Der SR-Winkel beträgt in Flexion und Extension mit 55° bzw. $55,42^\circ$ fast das Doppelte des RL-Winkels (29° bzw. 32°). Das zeigt, daß das Scaphoid "rascher" rotiert als das Lunatum. Das Scaphoid hat einen größeren Bewegungsumfang als das Lunatum. Vom Lunatum aus gesehen bewegt sich das Scaphoid bei Flexion nach palmar ($24,42^\circ$) und bei Extension nach dorsal ($23,08^\circ$). Dieses unterschiedliche Bewegungsverhalten entspricht den anatomischen Begebenheiten. Infolge seines kleineren Krümmungsradius und des exzentrisch angeordneten Zwischenknochenbandes (siehe Kapitel 5.1.4: "Handwurzelmechanik") ist die "schnellere" Rotation des Scaphoids möglich. Entgegengesetzte Verhältnisse herrschen im SC-Gelenk. Das Scaphoid bewegt sich in Bezug auf das Capitatum "langsamer", es vollzieht ein geringeres Rotationsausmaß als das Capitatum. So nimmt bei Palmarflexion der SC-Winkel ab ($33,50^\circ$) und bei Dorsalflexion zu ($22,58^\circ$). Das bedeutet, daß sich das Scaphoid -vom Capitatum aus gesehen- bei Flexion nach dorsal und bei Extension nach palmar bewegt. (Von einem gemeinsamen Bezugspunkt aus, etwa dem Radius oder dem Lunatum, rotieren natürlich beide Knochen jeweils in die gleiche Richtung.) Dieses unterschiedliche Rotationsverhalten läßt sich anhand des Vergleichs der SR- und SC-Winkel bestätigen. Der RC-Winkel ist mit $86,25^\circ$ bzw. $79,33^\circ$ um etwa 50 % größer als der SR-Ausschlag ($55,42^\circ$ bzw. 55°).

Bei Bewegungen in der Flexionsebene sind nicht nur unterschiedliche Rotationsverhältnisse zu sehen, sondern auch Lageveränderungen zwischen den Knochen. Das Capitatum artikuliert auf der distalen konkaven Lunatum-Gelenkfläche. Da somit das Capitatum an das Lunatum fixiert ist, kann es nicht gleichzeitig eine feste Beziehung zum Scaphoid aufrechterhalten, wenn dieses rascher rotiert oder kippt als das Lunatum, wie unsere Ergebnisse hinreichend bestätigen. Eine Handgelenksbewegung bedeutet also eine Lageverschiebung des Capitatum in Bezug auf das Scaphoid in dorsovolarer Richtung (Abb. 9.1.1.1). Der Kopf des

Capitatum verlagert sich bei Palmarflexion nach dorsal und distal und bei Dorsalflexion nach palmar und proximal. Da zwischen den Carpi der distalen Handwurzelreihe überaus wenig Beweglichkeit herrscht, muß einer Lageveränderung zwischen Capitatum und Scaphoid auch eine Veränderung im Scaphoid-Trapezium-Trapezoid-Kontakt folgen. Dabei verlagert sich das Scaphoid bei Palmarflexion etwas nach dorsal, bei Dorsalflexion nach palmar (49) (Abb. 9.1.1.1 und 9.1.1.2).

Verständlich werden diese Positionswechsel unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Rotationsausmaße von Scaphoid und Capitatum. Wie oben ausführlich dargelegt, haben die Untersuchungen an Normalpersonen in dieser Arbeit ergeben, daß das Capitatum "rascher" rotiert als das Scaphoid. Damit ergeben sich folgende Überlegungen für die Lageveränderungen:

Der Kopf des Capitatum ist bei Bewegungen in der konkaven distalen Lunatumgelenkfläche fixiert, das Scaphoid rotiert "rascher" als das Lunatum, der Capitatumkopf kann aus besagten Gründen nicht folgen, er verlagert sich am Scaphoid in, der Bewegung entgegengesetzten, Richtung. Das Capitatum rotiert weiter als das Scaphoid, so daß der distale Kahnbeinpol in Bezug zur Capitatumbasis zurückbleibt. Da die Capitatumbasis stellvertretend für den Trapezium-Trapezoid-Gelenkkomplex stehen kann, gilt das eben Gesagte auch für die Scaphoid-Trapezium-Trapezoid-Beziehung; der distale Scaphoidpol verlagert sich bei Palmarflexion nach dorsal, bei Dorsalflexion etwas nach palmar.

Zusammenfassung

Die Bewegung in der Handwurzel ist als eine Summe aufzufassen aus Bewegung im proximalen und distalen Handgelenk. Dabei rotieren alle Carpi bei Flexion nach palmar und bei Extension nach dorsal, jedoch mit unterschiedlichen Ausmaßen. Im einzelnen kann man folgende Bewegungsmuster erkennen: Abb. 9.1.1.3 und 9.1.1.4

Palmarflexion (Dorsalflexion)

- Lunatum rotiert palmar (dorsal)
- Scaphoid rotiert palmar (dorsal)
- Capitatum rotiert palmar (dorsal)
- Capitatum rotiert stärker als Lunatum und Scaphoid
- Scaphoid rotiert stärker als Lunatum

Die von vielen Autoren vertretene Auffassung, das Scaphoid gehöre funktionell

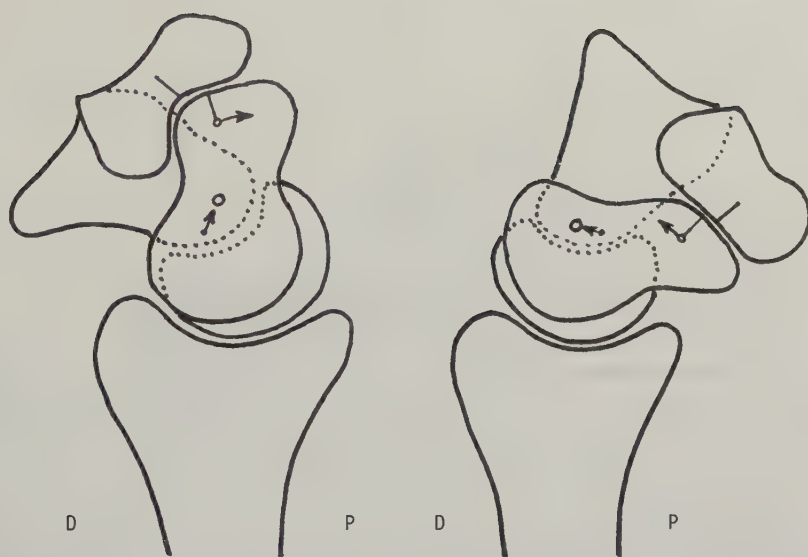


Abb. 9.1.1.1 Verlagerungen zwischen Scaphoid und Trapezium einerseits und Scaphoid und Capitulum andererseits während Dorsal- und Palmarflexion.

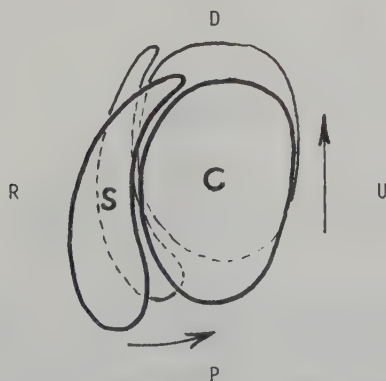


Abb. 9.1.1.2 Orientierungsveränderung des Scaphoids bei Palmarflexion (bei gleichzeitiger Lageveränderung des Capitulum nach dorsal) (49).

sowohl zur ersten als auch zur zweiten Handwurzelreihe, kann diese Arbeit durch das Rotationsverhalten des Scaphoids nur bestätigen. Es bewegt sich mehr als das Lunatum und weniger als das Capitatum. So ist es in seinem Bewegungsumfang weder fest an die proximale noch an die distale Reihe geknüpft. Er nimmt eine Größe ein, die ziemlich genau dazwischen zu finden ist. Somit würde man dem Scaphoid funktionell eine Mittel- oder Zwischenposition einräumen.

Die Bewegungsüberlegungen zur Handwurzel könnte man insofern vollenden, indem man sagt, je proximaler die knöchernen Bausteine liegen, desto geringer ist die Beweglichkeit: $C > S > L > R$.

Das Capitatum rotiert stärker als das Scaphoid, das Scaphoid stärker als das Lunatum und das Lunatum stärker als der Radius.

Es sind nicht nur unterschiedliche Rotationsverhältnisse festzustellen, sondern auch Lageveränderungen insbesondere zwischen Scaphoid und Trapezium-Trapezoid einerseits und Scaphoid und Capitatum andererseits die sich aus der Kombination: Betrachtung von Röntgenbildern und Winkelberechnungen ergeben.

Das Capitatum bewegt sich bei Palmarflexion auf dem Scaphoid nach dorsal und in Dorsalflexion nach palmar. Die Verlagerung des Capitatum gegenüber dem Scaphoid bewirkt zudem ein Ausrichten des Scaphoids gegenüber dem Lunatum, da sich bei Dorsalflexion das Scaphoid volarseitig etwas nach radial bewegt. Damit vergrößert sich die Kluft zwischen Lunatum und Scaphoid. Umgekehrt erfolgt bei Palmarflexion ein Verschluß des Spaltes. Für die Spaltbildung zwischen Scaphoid und Lunatum sind folglich zwei Faktoren verantwortlich:

- Das Scaphoid rotiert rascher als das Lunatum. Durch die ligamenta interossei, die volar lang und exzentrisch angeordnet sind, kommt es bei Palmarflexion zum Verschluß, bei Dorsalflexion zur Öffnung des Spaltes.
- Das Capitatum bewirkt durch seine Lageveränderung eine Umoorientierung des Scaphoids, was ebenfalls bei Palmarflexion zum Verschluß und bei Dorsalflexion zur Öffnung des Spaltes führt.

Für den Kontakt zwischen Scaphoid und Trapezium gilt folgendes: Das Scaphoid verändert seine Lage bezüglich dem Trapezium bei Palmarflexion etwas nach dorsal und bei Dorsalflexion etwas nach palmar (Abb. 9.1.1.1).

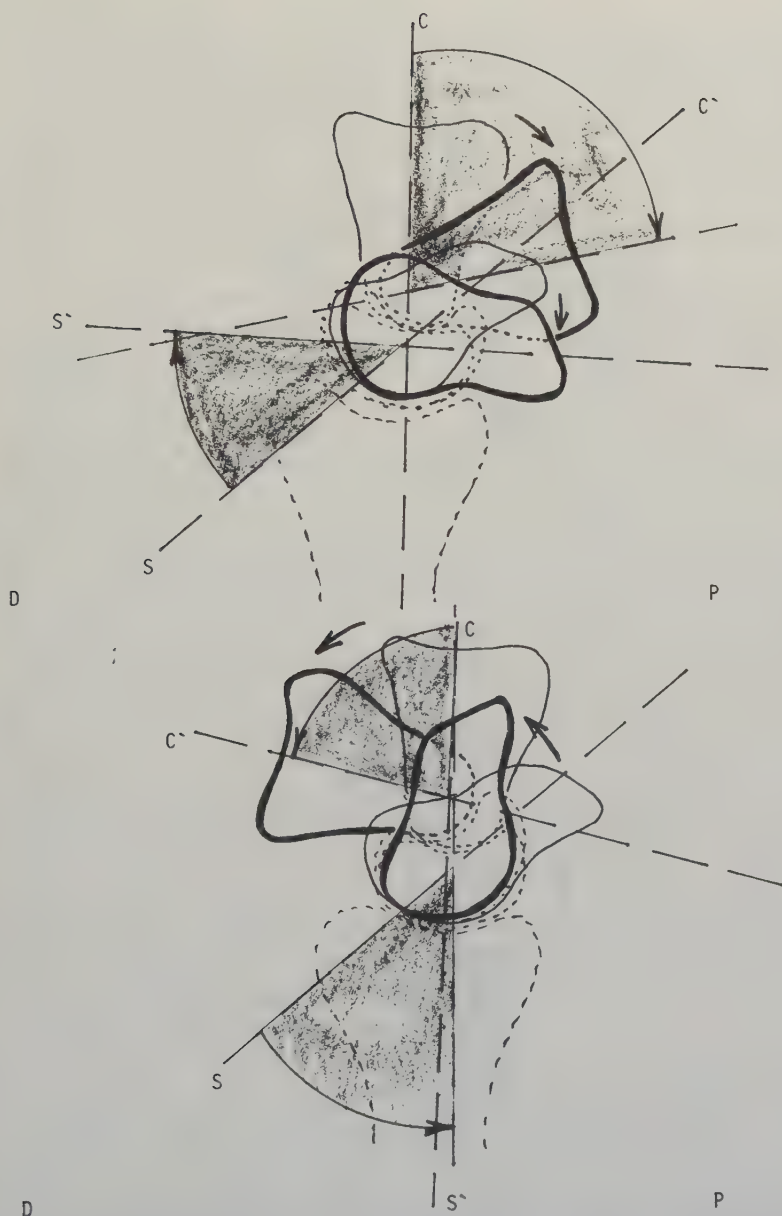


Abb. 9.1.1.3 Rotationsverhalten von Scaphoid und Capitatum während Palmarflexion (oben) und Dorsalflexion (unten).

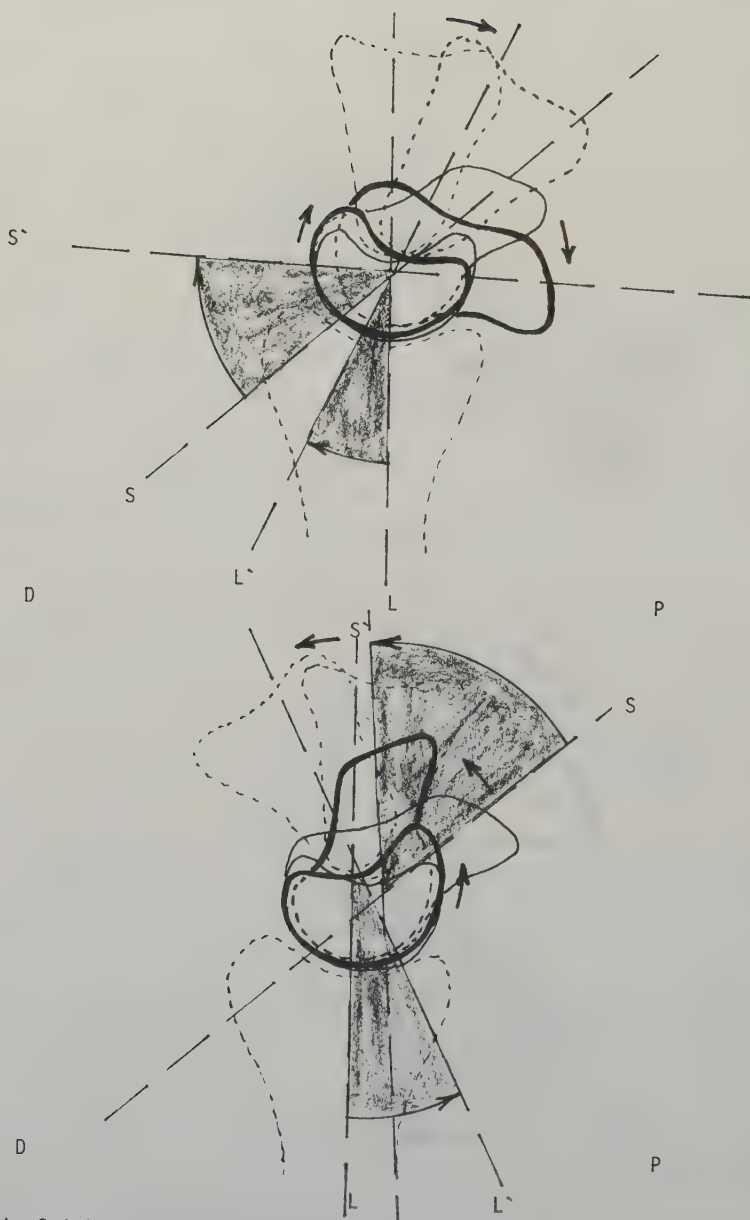


Abb. 9.1.1.4 Rotationsverhalten von Scaphoid und Lunatum während Palmarflexion (oben) und Dorsalflexion (unten).

P.A.-Aufnahme

Der Bewegungsumfang der Handwurzel in der Abduktionsebene umfaßt durchschnittlich $62,92^\circ$. Dabei sind Bewegungen nach radial bis zu $23,17^\circ$ (36,82 %) und nach ulnar bis zu $39,75^\circ$ (63,18 %) möglich (Abb. 8.1.1.5). Die Ulnarabduktion übertrifft die radiale Bewegung um 2/3. Volz (104) sieht diese Ungleichheit bei den Abduktionen im radialen Griffelfortsatz des Radius, processus styloideus radii, begründet, der seiner Ansicht nach wie ein Stützpfeiler eine zu große Radialabduktion blockiert (104).

Die Ulnarabduktion könnte unseres Erachtens aus mehreren Gründen erleichtert sein. Erstens fehlt ein blockierender Fortsatz wie am Radius. Zweitens reicht die Ulna weniger weit nach distal als der Radius, beteiligt sich somit nicht unmittelbar an der proximalen Radiocarpalgelenkfläche. Dies übernimmt der discus articularis, der elastischer als die knöcherne radiale Gelenkfläche ist und eher dem Druck, der durch die proximalen Carpi bei Ulnarabduktion entsteht, etwas weichen kann. Drittens steht die proximale Radiocarpalgelenkfläche nicht ganz senkrecht auf dem Radius, sondern reicht radial weiter nach distal als ulnar (siehe Kapitel 5.1). Manche Autoren (z.B. Frick (40)) beschreiben demgemäß neben einer Neutral-Null-Stellung, wo ja bekanntlich das Metacarpale III in einer Linie zum Radius steht, eine sogenannte "Mittelstellung", der eine ulnare Abduktionsstellung von 12° entspricht. Von dieser Mittelstellung soll dann eine Abduktion nach jeder Seite etwa gleich weit möglich sein.

"Bereinigt" man die Ergebnisse dieser Untersuchung im Hinblick auf die "Mittelstellung", d.h. addiert man zur Radialbewegung 12° und subtrahiert denselben Betrag von der Ulnarbewegung, so ist die Abduktion nach radial mit $35,17^\circ$ größer als die Ulnarabduktion mit $27,75^\circ$. Eine Erklärung für dieses Ergebnis kann man darin sehen, daß die Abduktionen unter einem gewissen Kraftaufwand passiv gehalten wurden und ulnar nach Lanz (57), Fick (38), Frick (40) usw. schwächere Bänder zu finden sind als radial. Eine radial wirkende Kraft erfährt somit anfangs einen etwas geringeren Widerstand als ulnar. Dies kann auch verdeutlichen, warum andere Autoren eine größere Diskrepanz zwischen Radial- und Ulnarabduktion beschreiben.

Bei den Abduktionsbewegungen dient eine sagittale Achse durch den Kopf des Capitatus als Achse, um welche die proximale und distale Handwurzelreihe rotieren. In Radialabduktion rotiert die distale Handwurzelreihe nach radial und die proximale etwas nach ulnar. Gleichzeitig bemerkt man am Scaphoid eine Verformung im Sinne eines Höhenverlustes: Das Scaphoid kippt nach palmar. Damit verändert sich die Lage der längsten Linie durch das Scaphoid, so daß

der Winkel RS zwischen Radius und Scaphoid um $5,67^\circ$ zunimmt (Abb. 9.1.1.5). Gleichzeitig nimmt der SC-Winkel um $17,67^\circ$ ab. Bei Ulnarabduktion rotiert die distale Reihe nach ulnar und die proximale etwas nach radial. Gleichzeitig richtet sich das Scaphoid auf. Es nimmt gewaltig an Höhe zu, die längste Linie durch das Scaphoid verändert sich. Der SR-Winkel spitzt sich um $29,17^\circ$ zu, der SC-Winkel wird um $10,50^\circ$ größer.

Zusammenfassung

Bei den Abduktionsbewegungen stehen in der distalen Handwurzelreihe Rotationsbewegungen im Mittelpunkt, die proximale Handwurzelreihe reagiert vorwiegend mit Kipp- und Aufrichtebewegungen.

Aus der Neutral-Null-Stellung heraus erfolgen 63,18 % der Abduktionsbewegungen nach ulnar gegenüber 36,82 %, die nach ulnar duzieren. Verantwortlich zeichnet der Griffelfortsatz des Radius, die Geometrie und Materialeigenschaften der proximalen Radiocarpalgelenkfläche.

Die größte Kippbewegung vollzieht das Scaphoid, das bei Radialabduktion nach palmar kippt und so eine Annäherung der distalen Handwurzelreihe an den lateralen Radiusrand ermöglicht und das bei Ulnarabduktion durch Aufrichten den Raum zwischen Radius und distaler Handwurzelreihe ausfüllt und stabilisiert.

Die Tatsache, daß die erarbeiteten Ergebnisse von anderen Autoren teilweise abweichen, die meisten Winkel etwas größer sind und Vergleiche oft nicht so deutlich ausfallen wie in anderen Arbeiten, ist ausnahmslos in der Anwendung von gehaltenen Aufnahmen zu sehen. Um erneut an die Methodik zu erinnern: Es handelt sich im Gegensatz zu den Arbeiten vieler anderer Autoren nicht um aktive Bewegungen, sondern um passiv vollzogene, unterstützte und etwas erweiterte Bewegungen (siehe Kapitel 6.1.2 "Aufnahmetechnik").



Abb. 9.1.1.5 Kipp- und Aufrichtebewegungen des Scaphoids (dargestellt als RS-Winkelveränderung) während Radialabduktion (oben) und Ulnarabduktion (unten).

9.1.2 Volleyballsportler

Wie eingangs erwähnt, handelt es sich bei dieser Personengruppe um Sportler, die 2 bis 8 Jahre intensiv Volleyballsport betrieben haben.

Bei dieser Sportart steht die Benutzung der Hand im Vordergrund. Der Ball wird meist mit dorsalflektierter Hand mit den Fingerkuppen "getippt" oder mit der volaren Handwurzelfläche "gebaggert" oder "geschmettert". Der Verdacht liegt nahe, daß bei intensiver Ausübung dieses Sportes die Bänder nicht nur großen Belastungen ausgesetzt, sondern auch mit Überdehnungen und Lockerungen reagieren würden. Ein Vergleich mit den im vorigen Kapitel betrachteten Personen, die keinen "handintensiven" Beruf oder Freizeitbeschäftigungen nachgehen, zeigt, ob diese Auffassung bestätigt werden kann:

Bei der Auswertung der 17 Volleyballer fällt vor allem auf, daß die meisten Ergebnisse überraschend gut mit den Winkelmessungen der "gesunden Normalpersonen" übereinstimmen. So entspricht die Gesamtbeweglichkeit in dorsopalmarer Richtung bei den Volleyballern mit $164,24^\circ$ der der Normalpersonen mit $165,58^\circ$. Mit lediglich einer Minimaldifferenz von $1,34^\circ$ besteht kein signifikanter Unterschied! Die gesamte Beweglichkeit verteilt sich mit $72,80^\circ$ (44,37 %) auf das Radiocarpalgelenk und mit $91,35^\circ$ (55,63 %) auf das Mediocarpalgelenk. So überwiegt auch hier die Bewegung im Mediocarpalgelenk, aber -verglichen mit den Normalpersonen- weniger deutlich. Bei den Normalpersonen verhält sich Radiocarpal- zu Mediocarpalgelenk wie 36,79 : 63,21 gegenüber den Volleyballern mit 44,37 : 55,63.

Auch im Rotationsverhalten des Scaphoids finden sich ausgezeichnete Übereinstimmungen: Das Scaphoid rotiert mit $101,95^\circ$ nur um Bruchteile mehr als bei Normalpersonen mit $101,08^\circ$. Das SC-Winkelmaß entspricht mit $53,65^\circ$ nahezu den Normalpersonen mit $56,08^\circ$. Lediglich im Rotationsverhalten des Scaphoids in Bezug auf das Lunatum findet man bei den Volleyballern mit $37,70^\circ$ eine Einschränkung gegenüber den bei Normalpersonen mit $47,50^\circ$.

Erinnert man sich an die Gesamtbewegung im Handgelenk, die zugunsten des Radiocarpalgelenkes, repräsentiert durch den RL-Winkel, verschoben ist, und bedenkt man, daß der SR-Winkel normal oder leicht verringert ist, so gelangt man zu dem Schluß, daß Bewegung im Lunatum verstärkt möglich ist. Im Vergleich zur Normalsituation rotiert das Lunatum "rascher", was der Vergleich der SL-Winkel verdeutlicht, und beschreibt ein größeres Bewegungsausmaß, was der Vergleich der RL-Winkel zeigt.

Die Beweglichkeit in der Abduktionsebene ist bei den Volleyballern mit $55,29^\circ$ etwas niedriger als bei den Normalpersonen mit $62,92^\circ$. Die Verteilung auf Radial- und Ulnarabduktion entspricht mit $37,98 : 62,02$ der bei Normalpersonen berechneten $36,82 : 63,18$.

Auch die SC- und SR-Winkel entsprechen im wesentlichen den der Normalpersonen.

Zusammenfassung

Die Bewegungen in der Handwurzel der Volleyballer entsprechen im wesentlichen denen der Normalpersonen. Die Verteilung der Flexionen und Extensionen auf die einzelnen Gelenke, sowie das Rotationsverhalten des Scaphoids bestätigen die bei der Auswertung der Normalpersonen gemachten Aussagen. Lediglich das Lunatum fällt durch eine etwas vermehrte Beweglichkeit auf. Offensichtlich ist die bis zu acht Jahre lange sportliche intensive Betätigung nicht ganz spurlos an der Handwurzel vorübergegangen. Wahrscheinlich machen sich leichte Bandschäden vor allem am Lunatum, das ohnehin weniger fest in den Bandapparat eingefügt ist, als etwa das Capitatum, schneller und leichter bemerkbar. Nur vor diesem Hintergrund ist der vergrößerte Rotationsradius des Lunatums bei normalem Kahnbeinverhalten zu verstehen.

Letztlich gleichen auch die Bewegungen in der Abduktionsebene, vor allem das Radial-Ulnar-Verhältnis, den normalen Verhältnissen.

Die Ergebnisse zeigen, daß 2 bis 8-jähriges intensives Volleyballspielen keine schwerwiegenden Bandschäden mit gravierenden mechanischen Veränderungen hervorruft.

Im Übrigen bestätigen die Flexions- und Abduktionsverteilungen die Resultate der Aufnahmeserien der gesunden Normalpersonen.

9.1.3 Scaphoid-Vollprothesen

Seitliche Aufnahmen

Die Gesamtbewegung im Handgelenk von $80,42^\circ$ beruht zu $32,02\%$ auf Bewegungen im Radiocarpal- und zu $67,98\%$ im Mediocarpalgelenk. Die Flexion erfolgt zu $52,38\%$ im Radiocarpal- und zu $47,62\%$ im Mediocarpalgelenk. Die Extension verteilt sich auf die beiden Gelenke im Verhältnis von $12,15 : 87,85$ (Abb. 8.2.1.3). Damit ist die Bewegung in der Flexionsebene gegenüber der Norm um die Hälfte reduziert! Die prozentuale Zuordnung zu proximalem und distalem Handgelenk entspricht den normalen Verhältnissen, während jedoch die Schwerpunkte von Extension und Flexion massiv verschoben sind. Normal beruht nämlich Flexion und Extension gleichermaßen auf einer Mediocarpalgelenksverschiebung. Bei Scaphoid-Vollprothesenträgern sind die Verhältnisse bei Flexionen umgekehrt und bei Extensionen verstärkt.

Neben diesen Funktionseinschränkungen findet man in der proximalen Handwurzelreihe veränderte anatomische Lagebeziehungen vor: das Lunatum ist in allen Fällen von Scaphoid-Vollprothesen nach dorsal gekippt mit durchschnittlich $24,08^\circ$ (Abb. 9.1.3.1). Lediglich in 2 Fällen gelingt in maximaler Palmarflexion eine Rotation über die Nullstellung nach palmar.

Nach Linscheid und Dobyns (59) liegt hier eine "dorsiflexed intercalated segment instability" = DISI vor (siehe "Carpalinstabilitäten"). Eine pathologische Dorsalflexion des Lunatums muß die Folge von Bandverletzungen sein. Im Zusammenhang mit der Kahnbeinentfernung spielen vor allem die ligamenta radio-scaphoid-lunatum und interosseus scapholunatum eine entscheidende Rolle. Bei der Scaphoidresektion sind zwangsläufig diese Bänder zu lösen. Die Silicon-Prothese bietet keine Möglichkeit, die Bandstrukturen zu rekonstruieren. Als Folge resultiert eine Lockerung des Lunatums, das gemäß seiner anatomischen Keilform (siehe 5.1.4: "Handwurzelmechanik") jetzt ungehindert nach dorsal rotieren kann. Die durchwegs starke Rotation nach dorsal bestätigt einerseits das Fehlen und andererseits die Bedeutung scapholunärer Bandverbindungen. Die Dorsalinstabilität des Lunatums hat Auswirkungen auf das sich distal anschließende Capitatum. In Neutralstellung ist es in Bezug zum Lunatum palmarrotiert, so daß das typische Bild einer "zig-zag"-Deformität entsteht.

Betrachtet man sich die Funktionswinkel des Kopfbeins, so zeigen diese, daß sich die Hand bei einem RC-Winkel von $52,17^\circ$ bei Dorsalflexion und einem RC-Winkel von $27,42^\circ$ bei Palmarflexion fast um das Doppelte mehr nach dorsal kippen läßt als nach palmar. Dies ist offensichtlich Folge der heftig nach dorsal gerichteten konkaven distalen Mondbeingelenkfläche, die einem zu starken kip-

pen des Capitatum nach palmar Einhalt gebietet, während dorsal größere Bewegungen erlaubt werden.

Die Beurteilung der Scaphoid-Prothese stellte sich als nicht ganz einfache Aufgabe heraus. Die von Dow Corning nach Swanson entwickelten Silikon-Prothesen sind zwar aus radiologisch schattengebendem Material, doch liegt der Dichtegrad unter dem knöchernen Strukturen. So ist der distale Pol der Prothese gut zu beurteilen, da in diesem Areal keine Überlagerung mit anderer Carpalknochen die Projektion stört. Der proximale Pol ist ungleich schwieriger aufzufinden, da das individuell mehr oder weniger dichte Lunatum diesen Prothesenteil überlagert. Nahezu unmöglich wird die Achseneinzeichnung natürlich dann, wenn eine Subluxation oder Luxation der Prothese vorliegt.

In den Fällen, in denen eine eindeutige Prothesenachsenzeichnung möglich war, ergibt sich in Neutralstellung ein durchschnittlicher SL-Winkel von $91,86^\circ$. Er ist damit fast doppelt so groß, wie er unter regelrechten anatomischen Verhältnissen zu finden ist (Abb. 9.1.3.2). Bei 5 Patienten übertrifft der SL-Winkel 80° , bei 2 Patienten liegt er mit 64° bzw. 66° im Bereich zwischen 60° und 80° . Nach Linscheid (59) und Gilula (43) handelt es sich ab 70° bzw. 80° um eine SL-Dissoziation und im Bereich zwischen 60° und 80° nach Gilula (43) abhängig von der Symptomatologie ebenfalls um eine SL-Dissoziation. Per Definitionen sind die zwei anderen Fälle mit 64° bzw. 66° nicht ganz gesichert, während die übrigen 5 Fälle eindeutig das Kriterium für die SL-Dissoziation erfüllen. Beachtet man aber die OP-Methode, wo ja die scapholunären Verbindungen gelöst werden, so kann man die radiologisch nicht eindeutig gesicherten Fälle durch den operationstechnischen Beweis der SL-Dissoziation zuordnen.

Als ein weiteres Zeichen einer SL-Dissoziation gilt nach Gilula (43) und Taleisnik (96) die entgegengesetzte Rotation von Scaphoid und Lunatum, das bedeutet, daß sie sich im Vergleich mit Normalgelenken in entgegengesetzter Richtung bewegen. Dies ist der Fall bei den vorliegenden Messungen von Scaphoid-Vollprothesen, was man anhand der Winkel zwischen Radius und Prothese bzw. Radius und Lunatum leicht feststellen kann. In Neutralstellung ist das Lunatum mit $24,08^\circ$ gegenüber normal (annähernd 0°) erheblich nach dorsal rotiert. Die Scaphoid-Prothese nimmt mit dem Radius einen Winkel von $68,86^\circ$ ein und ist gegenüber normal $50,33^\circ$ um fast 37 % stärker nach palmar gebeugt. Damit erfolgt eine entgegengesetzte Rotation von Lunatum (nach dorsal) und Prothese (nach palmar), beide Knochen haben sich voneinander fortbewegt und es entsteht

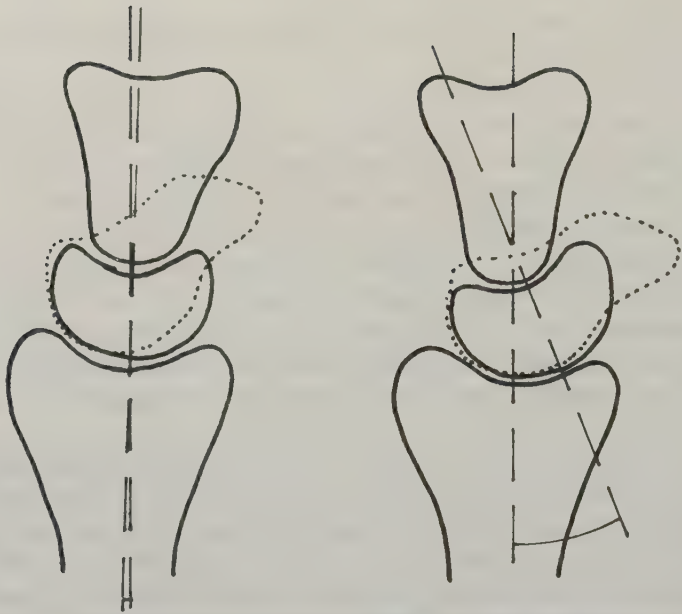


Abb. 9.1.3.1 Vergleich der Lage des Lunatums bei Normalpersonen (links) und Patienten mit Scaphoid-Vollprothesen (rechts).

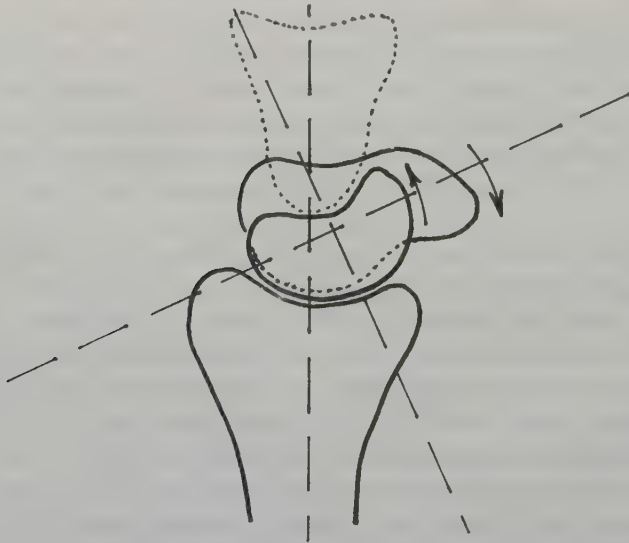


Abb. 9.1.3.2 SL-Dissoziation bei Patienten mit Scaphoid-Vollprothesen.

eine SL-Dissoziation. Differenziert man die Ergebnisse der SR-Winkelmessungen, so fällt auf, daß bei 2 Patienten die Scaphoid-Prothese mit 39° bzw. 50° einen normalen Winkel zum Radius bildet. Schließt man diese beiden Fälle von den pathologischen SR-Winkel aus, so sind die letzteren mit durchschnittlich $78,6^\circ$ noch weiter ins Krankhafte verschoben.

Als letztes zählen als Kriterium für eine SL-Dissoziation abnorm vergrößerte SL-Gelenkspalte, die in P.A.-Aufnahme beobachtet werden können.

Ein Gelenkspalt gilt als verdächtig bei 2-4 mm, als pathologisch ab 4 mm. Dies gilt für Knochenstrukturen, bei denen man die unsichtbaren Gelenkknorpel mit berücksichtigen muß. Bei einer Prothese fällt der Gelenkknorpel weg, die Prothese ist bis zum Rand hin sichtbar, so daß bereits weniger als 4 mm pathologisch bewertet werden müssen.

Bei den Scaphoid-Vollprothesen findet man SL-Gelenkspalte von 1-11 mm, die in Radial- und Ulnarabduktion ihre Größenordnung verändern. Auch hier lenken dieselben beiden Patienten die Aufmerksamkeit auf sich, die bereits oben mit ihren normalen SR-Winkeln und "nur" verdächtigen SL-Winkeln aufgefallen sind. Sie zeigen während Abduktionsbewegungen gleichbleibende weniger als 1 mm große Gelenkspalte. In diesen beiden Fällen fehlen die Kriterien für eine SL-Dissoziation. Infolge des erheblich nach dorsal gekippten Lunatums kann nur von einer DISI' gesprochen werden.

Der Bewegungsumfang der Prothese in Bezug auf den Radius ist mit $61,83^\circ$ fast halb so groß wie normal $110,42^\circ$. Dies steht in einem regelrechten Verhältnis zum gesamten Bewegungsdefizit. Die Rotationsfähigkeit gegenüber dem Lunatum beziffert sich mit 38° und ist damit von den Normalverhältnissen $47,5^\circ$ nur unweit entfernt. Diese scheinbare Gleichheit ist nur dann verständlich, und wird ins rechte Licht gerückt, wenn man sich noch einmal verdeutlicht, wie massiv die Lunatum-Beweglichkeit eingeschränkt ist. Gleichzeitig entfallen die SL-Bandverbindungen, die normalerweise den proximalen Scaphoid-Pol in seiner Bewegung hemmen oder "behindern".

Auch in der Beziehung Prothese-Capitatum sind einige Ungereimtheiten festzustellen. Lediglich in 4 Fällen ist eine regelrechte Winkelveränderung im Sinne eines Anstieges des SC-Winkels bei Bewegung aus maximaler Flexions- zu maximaler Extensionsstellung abzulesen. Die Winkelveränderungen der Prothese gegenüber dem Capitatum beziffern sich bei Palmarflexion auf 8° und bei Dorsalflexion auf $13,33^\circ$. Im Vergleich mit den Normalbefunden mit $33,5^\circ$ bzw. $22,58^\circ$ sind die Winkelveränderungen bei den Vollprothesenträgern wesentlich geringer, was nicht nur auf die relativ geringere RC-Gesamtbewegung zurückzuführen ist.

Die SL-Beweglichkeit mit 20° bzw. $21,5^\circ$ nimmt größere Ausmaße an als die SC-Beweglichkeit mit 8° bzw. $13,33^\circ$. Hier läßt sich nicht mehr im Sinne Sarrafians (83) u.a. argumentieren, daß das Scaphoid funktionell bei Extensionen der distalen und bei Flexionen der proximalen Handwurzelreihe zuzuordnen ist. Diese Argumentation, die auch durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit gestützt wird, setzt einen intakten Kapselbandapparat voraus.

Bei den Vollprothesenträgern überwiegt sowohl bei Flexion als auch bei Extension die Beweglichkeit im SL-Gelenk, so daß man hier die Scaphoid-Prothese der distalen Handwurzelreihe zugehörig erachten kann. Hier sind zweierlei Gründe zu nennen:

Erstens ist die Silikon-Prothese mit einem intramedullären Zapfen im Trapezium verankert, was zur Folge hat, daß die Artikulationsmöglichkeit im Prothesen-Trapezium-Gelenk wesentlich eingeschränkt ist. Da das Trapezium wie das Capitatum zur distalen Handwurzelreihe gehört und nur geringste Bewegungen zwischen den Carpalknochen dieser Reihe möglich sind, ist eine Einschränkung im Scaphoid-Trapezium-Gelenk nahezu gleichzusetzen mit einer Scaphoid-Capitatum-Bewegungseinschränkung.

Zweitens ist die Prothese gewebsmäßig von den Nachbarknochen isoliert, da Bänder nicht an die Prothese geheftet werden können. Hier macht sich besonders der Verlust der interossären scapholunären Bandverbindungen bemerkbar. Damit ist es dem Lunatum bei Flexionen der Handwurzel nicht mehr möglich, einen unmittelbar hemmenden Einfluß auf die Scaphoid-Prothese im proximalen Pol auszuüben, so daß hier eine relativ große Beweglichkeit vorherrscht.

In 2 Fällen nimmt der SC-Winkel bei Palmarflexion um 48° bzw. 17° zu. Damit rotiert die Prothese hier "rascher" als das Capitatum. Bei Dorsalflexion liegen wiederum richtungsnormale Bewegungen vor: der SC-Winkel steigt um 19° bzw. 17° .

Die ganzen Bewegungseinschränkungen machen deutlich, wie wichtig ein funktionsfähiges Kahnbein für die Handwurzelbewegungen ist. Nicht nur die regelrechte Form und Größe des Knochens ist zu beachten, sondern vor allem seine Integration in den Handwurzelknochenverband mit seinen Bandstrukturen und differenzierten Gelenkflächen, die sehr individuelle Bewegungen zulassen. Wie in dem Kapitel über "Handwurzelmechanik" (5.1.4) sowie in den Ausführungen zu der Studie über Normalpersonen (9.1.1) ausführlich nachzulesen ist, sind für eine regelrechte Funktion des Kahnbeins folgende Strukturen und Eigenschaften von ganz entscheidender Bedeutung:

- Das Scaphoid unterhält Bandverbindungen zum Trapezium-Trapezoid-Komplex sowie zum Lunatum.
- Die Bandverstärkung der Scaphoid-Trapezium-Trapezoid-Gelenkkapsel erlaubt Bewegungen in dorsovolarer Richtung.
- Die scapholunären Bänder lassen das Scaphoid und das Lunatum wie zwei exzentrisch verknüpfte Körper untereinander bewegen.
- Die proximale Gelenkfläche des Scaphoids ist stärker gekrümmt als die des Lunatums, wonach das Scaphoid rascher rotiert als das Lunatum.
- Das Capitatum wandert bei Palmarflexion am Scaphoid entlang nach dorsal und proximal, bei Dorsalflexion nach palmar und distal.
- Bei Palmarflexion verrutscht das Scaphoideum in Bezug auf das Trapezium etwas nach dorsal, bei Dorsalflexion nach palmar.
- Das Scaphoid wälzt sich bei Palmarflexion über das ligamentum radiocapitatum.

Obwohl die Silikon-Prothese der Form und Größe des resezierten Kahnbeins im wesentlichen entspricht, findet man eine große Bewegungseinschränkung. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, daß den intercarpalen Bandverbindungen eine entscheidende Bedeutung zukommt. Mit der Implantation der Vollprothese sind zwei Besonderheiten verbunden:

- Es ist unmöglich, an das Prothesenmaterial Bänder anzunähen, Bandstrukturen zu rekonstruieren.
- Die Prothese ist mittels eines intramedullären Zapfens im Trapezium zementlos verankert, um durch diese Immobilisation die postoperative Festigung des die Prothese umgebenden Kapselgewebes zu gewährleisten.

Unter dem Verlust der Bandverbindungen leidet vor allem die SL-Verbindung. Das Lunatum, ohnehin bandmäßig etwas stiefmütterlich behandelt, reagiert auf den SL-Bandverlust mit Dorsalinstabilität. Das Scaphoid behält -oder erreicht gegenüber dem Lunatum eine gute Beweglichkeit, da ja der hemmende Einfluß der Interossealbänder wegfällt.

Das Scaphoideum (≙ Prothese) ist zwar nicht völlig starr, so doch unbeweglich in dorsovolarer Richtung mit dem Trapezium verbunden (Abb. 9.1.3.3). Damit wird auch die Lageveränderung des Trapeziums in Bezug zur Prothese unmöglich. Beide Verlagerungen sind jedoch für den normal großen Bewegungsablauf, bei erhaltener topographischer Lage des Scaphoids etwa zur Radiusgelenkfläche und bei erhaltener Funktion als stabilisierende Verbindungsstange unbedingt nötig.

Bei Palmarflexion verliert die Prothese den Kontakt mit der Radiusgelenkfläche und wandert etwas dorsal und distal, da sie, wie oben erwähnt, im Trapezium verankert ist. Einem zu starken dorsalen Herausgleiten sind durch die dorsalen Kapsel-Band-Strukturen Grenzen gesetzt (Abb. 9.1.3.3). Die Beschränkung der Prothesen-Rotation, die für die Flexion des Trapeziums und damit der distalen Handwurzelreihe notwendig gewesen wäre, führt mit zu einer Einschränkung der Flexion der Handwurzel.

Bei Dorsalflexion ist die Verlagerung der Prothese am Trapezium nach palmar nicht möglich, der proximale Prothesen-Pol wird vorzeitig in die Radiusgelenkfläche gedrückt und eine normale Dorsalflexion ist nicht möglich.

P.A.-Aufnahme

Die Bewegung in der Abduktionsebene ist mit $32,5^\circ$ nahezu halb so groß wie normal $62,92^\circ$. Sie verteilt sich zu 29,23 % auf die Radial- und zu 70,76 % auf die Ulnarabduktion. Damit ist die Beweglichkeit gegenüber normal etwas mehr zugunsten der Ulnarabduktion verschoben. Man könnte argumentieren, daß die Kippbewegung einer Prothese, die vor allem für die Radialabduktion notwendig ist, eingeschränkt ist. Andererseits sind die Unterschiede in der Gewichtung des Bewegungsausschlags nicht derart gravierend, daß man hier eine überzeugende Argumentation aufrechterhalten könnte.

Die Gesamtbewegung in den Abduktionsbewegungen ist empfindlich eingeengt, was vielleicht ein Zeichen dafür ist, daß das Kippen und Aufrichten der Prothese nicht einwandfrei funktioniert. Dies scheint auch das Ausmessen der Länge der jeweils längsten Achse, die durch die Prothese gezogen werden kann, zu bestätigen. Bei den Prothesenträgern, bei denen eine eindeutige Achse in die Prothese gelegt werden konnte, zeigte sich, daß sich dieser Längsdurchmesser von maximaler Radialabduktion nach maximaler Ulnarabduktion mit durchschnittlich 2,63 mm verlängert. Dabei ist zu ergänzen, daß in zwei Fällen keine Veränderung der Längsachse vorzufinden war. Gegenüber Normalverhältnissen, wo Längendifferenzen von 4-7 mm eine ausgedehnte Scaphoid-Kipp- und Aufrichtebewegung anzeigen, ist hier diese Möglichkeit eingeschränkt.

Das Kippen ist -wie im Kapitel über die Biomechanik des Handgelenks (5.1.4) nachzulesen- für die Radialabduktion und das Aufrichten für die Ulnarabduktion eminent wichtig. Das Kippen des Scaphoids ermöglicht erst inmitten der engen räumlichen Verhältnisse in der Handwurzel die Annäherung des Trapeziums an den Radius, ohne daß große Lageverschiebung der proximalen Handwurzelreihe nach ulnar nötig sind. Die Palmarflexion ereignet sich im distalen Pol des Scaphoids (104).



Abb. 9.1.3.3 Verhalten der Vollprothese bei Dorsal- und Palmarflexion der Handwurzel.

Dies setzt aber wieder die Verlagerung des Scaphoids gegenüber dem Trapezium in dorsovolarer Richtung voraus. Die Vollprothesen sind aber mittels eines intramedullären Zapfens im Trapezium verankert. Damit ist die Verschiebung des Prothesenimplantates weitgehend verhindert. Bei Radialduktion ist die notwendige Flexion nach palmar nicht oder nur sehr rudimentär vorhanden.

Trotz dieser heftigen Einschränkungen sind immerhin 33° Bewegungsumfang möglich. Die Handwurzel versucht offensichtlich halbwegs eine Kompensation ihres Bewegungsdefizits und zwar unseres Erachtens auf zweierlei Art:

- Die Radial-Ulnar-Bewegung ist also empfindlich eingeengt, was sich damit erklären läßt, daß die Prothese nicht wie gewohnt am distalen Pol nach palmar kippen kann. Wäre die Prothese neben der Verankerung im Trapezium zusätzlich mit dem Lunatum fest verbunden, so wäre hier eine Kompensation der eingeschränkten Kipprotation im distalen Pol nicht möglich und die Bewegung in radioulnarer Richtung würde zu Wackelbewegungen degenerieren. Dies ist nicht der Fall, was man darauf zurückführen kann, daß durch den Verlust der scapholunären Bänder eine Dorsalflexion im proximalen Pol der Prothese zum Ausgleich der verlorenen distalen Flexion erreicht wird. Die leichten Längendifferenzen in der Längsachse der Prothese während der Abduktionen beweisen diese leichten Kippbewegungen. Die Kompensation ist allerdings nicht vollständig, da der starke dorsale Kapsel-Band-Apparat eine zu heftige Dorsalflexion des proximalen Prothesenpols verhindert.

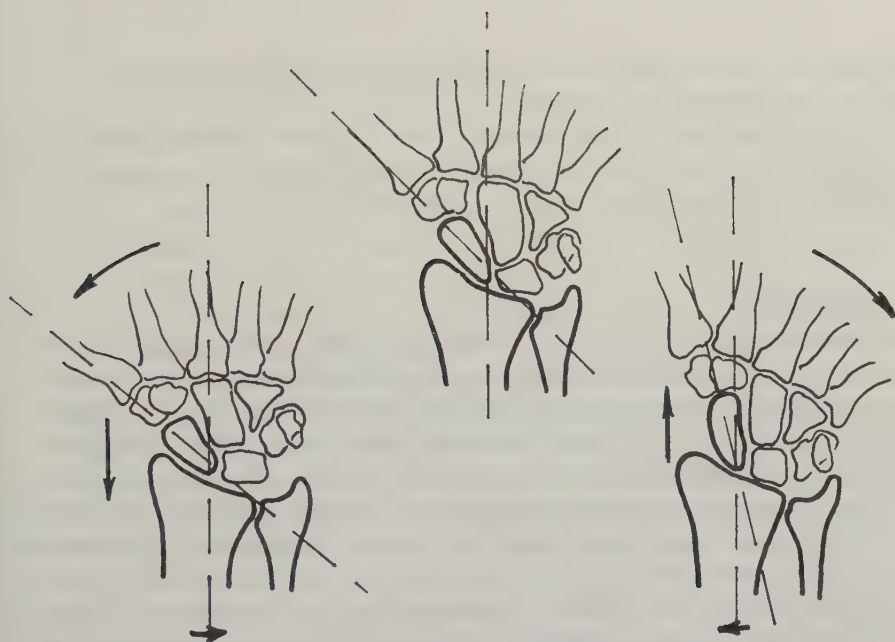
- Das Handgelenk versucht ferner, das Bewegungsdefizit dadurch auszugleichen, indem es mit einer verstärkten Verschiebung der proximalen Handwurzelreihe nach ulnar bzw. radial reagiert.

Dies kann man auf die von uns gemessenen Winkel, die die Scaphoid (oder Prothesen)-Achse mit der Radius-Achse in Radialabduktion, Neutralstellung und Ulnarabduktion einnimmt, zurückführen:

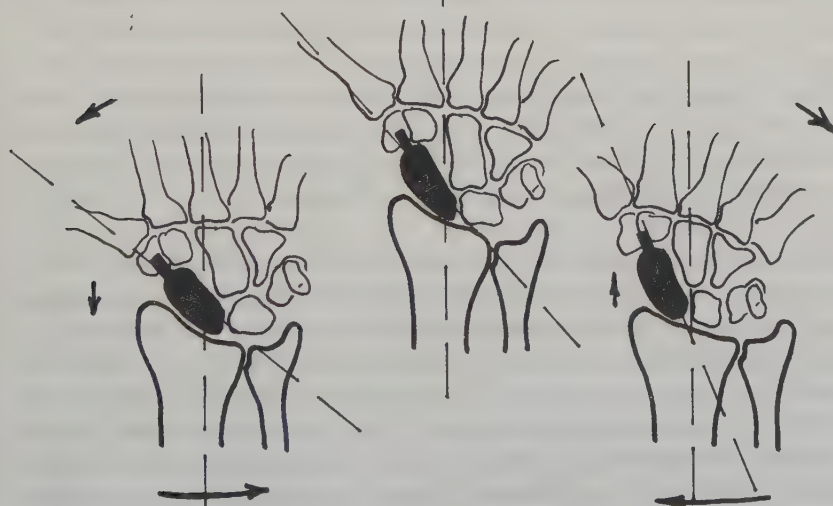
Ein Ausflug in die Normalsituation erscheint angebracht, um den Sachverhalt näher zu erläutern (Abb. 9.1.3.4):

Normalerweise rotiert das Scaphoid mit der proximalen Handwurzelreihe bei Radialabduktion leicht nach ulnar, der SR-Winkel nimmt zu. Gleichzeitig kippt das Scaphoid mit dem distalen Pol nach palmar, was zusätzlich zu einer Vergrößerung des SR-Winkels beiträgt. Die Winkelzunahme beträgt 5,67°. Bei Ulnarabduktion liegen die Verhältnisse umgekehrt; Da ohnehin die Ulnarabduktion die Radialbewegung übertrifft, verkleinert sich der SR-Winkel um 29,17°.

Bemerkenswert ist nun, daß bei Prothesenträgern mit 5,33° bzw. 21,00° SR-Winkelveränderung nur eine unbedeutende Einschränkung gegenüber normal festzu-



Normalpersonen: Kippbewegung > Verschiebewegung



Vollprothesen: Kippbewegung < Verschiebewegung

Abb. 9.1.3.4 Vergleich der Lageveränderung des Scaphoids bei Normalpersonen und der Vollprothese bei Scaphoid-Vollprothesenträgern während Radial- und Ulnarabduktion.

stellen ist, die in keinem Verhältnis zum massiven Abduktionsdefizit steht. Da, wie oben erwähnt, die Kippbewegung der Prothese gegenüber normal eingeschränkt ist, muß das Silikon-Implantat mit verstärkter Verschiebung in radioulnarer Richtung bzw. Rotation um eine sagittale Achse durch das Capitatum reagieren, um diese Winkelveränderung zu erreichen (Abb. 9.1.3.4).

Zusammenfassung

Die Ergebnisse machen deutlich, wie wichtig ein in seinen Bandstrukturen funktionsfähiges Scaphoideum ist. Obwohl ihm, als "Discus" zwischen distaler Handwurzelreihe und Unterarm eingeschaltet, lediglich passive Bewegungen möglich sind, erlangt es durch individuelles Rotationsverhalten und durch Lageveränderungen vor allem bezüglich des Lunatums und des Trapeziums eine große Bedeutung in der Bewegung der Handwurzel. Bei dem Silikon-Implantat wirkt sich nachteilig aus, daß es einerseits mittels eines intarmedullären Zapfens im Trapezium fixiert ist, andererseits wichtige Bandverbindungen, vor allem SL-Bänder, aufgeben muß. Die Lageverschiebungen zwischen Prothese und Trapezium sind wesentlich eingeschränkt, damit erleidet der regelrechte Positionswechsel der Prothese während Flexionen einen Abbruch, normale Flexionsmaße können nicht erreicht werden. Die Flexion ist gegenüber Normalverhältnissen um die Hälfte reduziert. Die Dorsalflexion übertrifft die Palmarflexion fast um das Doppelte, was auf das erheblich dorsalflektierte Lunatum zurückzuführen ist. Ursache sind die SL-Bandverluste, die eine SL-Dissoziation mit Dorsalinstabilität hervorrufen. Die Lageveränderung des Lunatums geht soweit, daß es mit Ausnahme dreier Fälle in allen Bewegungen in dorsalflektierter Position verharrt.

Die Radial-Ulnarabduktion erfährt bei Scaphoid-Vollprothesenträgern eine Verminderung um die Hälfte. Das Verhältnis Radial:Ulnar bleibt weitgehend gewahrt. Die feste Beziehung zwischen Prothese und Trapezium verhindert offensichtlich die für die Abduktionen notwendigen Prothesen-Kippbewegungen.

Die Handwurzel reagiert kompensatorisch auf das Bewegungsdefizit: Einerseits ermöglicht der Bandverlust hin zum Lunatum ein leichtes dorsales Herausgleiten des proximalen Prothesenpols und somit eine leichte Kippbewegung, die ihre Beschränkung im dorsalen Kapselbandapparat findet. Andererseits findet sich eine verstärkte Verschiebewegung der proximalen Handwurzelreihe in radioulnarer Richtung.

Dennoch ist keine vollständige Kompensation möglich, was die stark eingeschränkten Abduktionsbewegungen zeigen.

9.1.4 Proximale Scaphoid-Teilprothesen

Seitliche Aufnahmen

Die Gesamtbewegung im Handgelenk von durchschnittlich $87,76^\circ$ verteilt sich zu 31,53 % auf das Radiocarpal- und zu 68,47 % auf das Mediocarpalgelenk. Die Flexion erfolgt zu 48,71 % im Radiocarpal- und zu 51,29 % im Mediocarpalgelenk. Bei der Extension beträgt das Verhältnis 18,57 : 81,43 (Abb. 8.2.2.3).

Damit ist die Gesamtbewegung in der Flexionsebene gegenüber der Norm fast um die Hälfte eingeschränkt ($87,76^\circ$ gegen $165,58^\circ$). Die prozentuale Zuordnung zu Radiocarpal- bzw. Mediocarpalgelenk entspricht nahezu normaler Verteilung. Lediglich eine leichte Verlagerung zugunsten des Mediocarpalgelenkes ist zu sehen (31,53 : 68,47 gegen normal 36,79 : 63,21).

Flexion und Extension beruhen wie normal gleichermaßen großteils auf Bewegungen im Mediocarpalgelenk. Die Akzentuierung unterscheidet sich jedoch grundlegend von den Normalverhältnissen. Die Flexion übertrifft mit 51,29 % im MC-Gelenk nur unwesentlich die RC-Bewegung mit 48,71 %. Normalerweise übertrifft die Flexion im MC-Gelenk den Anteil im RC-Gelenk um das Doppelte. Die Extension obliegt hingegen mit 81,43 % gegenüber 18,57 % bei weitem dem MC-Gelenk. Normalerweise liegen die Extensionsbewegungen mit 40,34 % bzw. 59,66 % wesentlich näher beieinander.

Bei der Gesamtbewegung im RC-Gelenk beträgt das Verhältnis Flexion : Extension 71,64 : 28,36 und die Bewegung im MC-Gelenk teilt sich auf in Flexion und Extension in einem Verhältnis von 39,36 : 60,64. Damit überwiegt im RC-Gelenk die Flexion und im MC-Gelenk liegt der Schwerpunkt auf der Extensionsbewegung. Damit unterscheiden sich die Teilprothesenträger entscheidend von den Normalpersonen, wo nahezu gleiche Bewegungen in den einzelnen Gelenken nach palmar bzw. dorsal möglich sind. Die Ursache für die gemessenen Mißverhältnisse liegt in der "zig-zag"-Deformität, provoziert von der Dorsalinstabilität des Lunatums.

Bei den Patienten mit proximalen Scaphoid-Ersatz befindet sich das Lunatum in Neutralstellung mit durchschnittlich $16,14^\circ$ in dorsalflektierter Stellung (Abb. 8.2.2.1). Lediglich bei 3 Personen ist das Lunatum weniger als 10° (7° , 8°) nach dorsal gekippt. Der Dorsalflexion des Lunatums entsprechend findet man das Capitatum in Neutralstellung mit Ausnahme eines Falles nach palmar flektiert. Damit entsteht das Bild einer "zig-zag"-Deformität der Handwurzel.

In Palmarflexion gelingt es, in 7 Fällen das Lunatum wesentlich, in 4 Fällen unwesentlich (1° , 3° , 5° , 7°) und in 10 Fällen gar nicht in Palmarflexion zu bringen (Tab. 8.2.2.8).

Aus vielen und ausführlich des öfteren beschriebenen Gründen gilt der Stellung und Funktion des Scaphoids große Aufmerksamkeit. Nicht zuletzt wegen des Teilersatzes des Scaphoids spielt sein anatomisch-funktionelles Verhalten für die Beurteilung der Zweckmäßigkeit eines derartigen operativen Vorgehens eine große Rolle.

In Neutralstellung findet man das Scaphoid mit $53,75^\circ$ gegenüber dem Radius nach palmar gebeugt, was nahezu Normalverhältnissen entspricht, wo der SR-Winkel $50,33^\circ$ beträgt (Abb. 8.2.2.2). Eigentlich wäre es angebrachter, von einem Kahnbein-Komplex zu sprechen, da an der Kahnbeinbildung der distale erhaltene Kahnbeinanteil und das proximale Silikonimplantat, welches in das Kahnbeinfragment verankert ist, mitwirken. Der Einfachheit halber wird im folgenden vom Scaphoid gesprochen.

Der SL-Winkel, Indikator für die scapholunäre Adhärenz, klafft mit $70,15^\circ$ fast um die Hälfte mehr als normal ($49,08^\circ$) (Tab. 8.2.2.8 - 8.2.2.12, Abb. 8.2.2.2).

Nach Gilula (43) sind erst Winkel ab 80° kennzeichnend für eine SL-Dissoziation, während der Bereich zwischen 60° und 80° gewissermaßen eine Mittelstellung zwischen normal und pathologisch einnimmt, der erst infolge klinischer Symptome der einen oder anderen Diagnose zugeführt werden kann. Der Durchschnittswert von $70,15^\circ$ verteilt sich folgendermaßen:

5 Patienten zeigen einen SL-Winkel, der unter 60° liegt und so als normal gewertet werden kann. 11 Patienten liegen im Bereich zwischen 60° und 80° und 4 Patienten weisen mit einem Winkel größer als 80° eine echte SL-Dissoziation auf. Richtet man sich nach der Definition Linscheids, der für eine SL-Dissoziation einen Winkel fordert, der 70° überschreitet, sind zur SL-Dissoziation weitere 6 Personen zu addieren, so daß genau die Hälfte der Patienten eine solche SL-Dissoziation aufweist (59).

Die 5 oben beschriebenen Patienten, die keine SL-Dissoziation aufweisen, zeigen dennoch eine Dorsalflexion des Lunatums. Die Tabelle (8.2.2.11) zeigt die Winkelverhältnisse in Neutralstellung bei diesen 5 Patienten bezüglich der Lageverhältnisse von Radius, Scaphoid und Lunatum. Dabei zeigt sich, daß neben den unauffälligen SL-Winkeln auch die SR-Winkel, vielleicht mit Ausnahme des letzten, im Bereich der Norm liegen. Das Lunatum ist in 3 Fällen deutlich, in den restlichen 2 mäßig nach dorsal gekippt. So läßt sich in einem, nämlich dem letzten durchaus eine Zentrale Carpal-Instabilität diagnostizieren (Lunatum und Scaphoideum sind nach dorsal gekippt). Im 1. und 3. Fall liegen mit Sicherheit normale Verhältnisse vor. Im 2. und 4. Fall ist die Beurteilung

schwierig, der SR-Winkel scheint normal, kann aber als untere Grenze betrachtet werden.

Die eben beschriebenen und diskutierten Ergebnisse verdeutlichen, welche Beziehungsveränderungen die Implantation einer proximalen Teilprothese nach sich zieht. So ist mit der Resektion des proximalen Scaphoid-Anteils ein Verlust des ligamentum interosseus scapholunatum sowie des ligamentum radioscaphoid-lunatum verbunden. Wie erwähnt, ist eine Rekonstruktion der Bandverbindungen etwa durch Annähen an das Silikon-Implantat nicht möglich. Der Verlust dieser Bänder findet sein Korrelat in einer Dorsalflexion des Lunatums. Außerdem findet man einen vergrößerten SL-Winkel in der Hälfte der Fälle, was ebenfalls auf dieses Banddefizit zurückzuführen ist. Die Tatsache, daß die andere Hälfte der Patienten normale SL-Winkel zeigt und auch die SR-Winkel größtenteils durchaus im Bereich der Norm liegen, gründet sich auf verbliebene Bandverbindungen des Scaphoids. Eine Reihe von Bändern inserieren am lateralen und distalen Abschnitt des Scaphoids, der bei diesen Patienten von der Resektion mehr oder weniger ausgeschlossen ist. Abhängig von der Resektionsgrenze, bleiben bestimmte Bandstrukturen bestehen, die ein gewisses Maß an Stabilität des Scaphoids erzeugen. Das Silikonimplantat ist mittels eines Zapfens im distalen Fragment verankert. Eine Stabilität im distalen Fragment wird somit auf den proximalen Ersatz übertragen. Zu den Bändern, die bei proximaler Resektion eventuell erhalten werden können, zählen das lig. collaterale radiale, die die Scaphoid-Trapezium-Gelenkkapsel verstärkenden Bänder, das lig. navi-capitatum, das lig. arcuatum carpi dorsale und lig. arcuatum volare.

Die Silikonimplantate werden individuell zurechtgeschnitten. Damit bestehen von Patient zu Patient Unterschiede bezüglich der Größe des Ersatzes und des Anteils des geschonten SC-Fragmentes, so daß eine variable Menge an erhaltenen oder rekonstruierten Bandverbindungen postoperativ die Stabilität des Scaphoid-Prothesen-Komplexes sichert. Vor diesem Hintergrund sind die unterschiedlichen SL-Winkel zu verstehen, die von normal bis pathologisch reichen. Die regelrechte SR-Beziehung ist nicht nur auf die Kapselplastik zurückzuführen, sondern auch auf erhaltene Bänder zwischen Radius und Scaphoideum. Der immer vorhandene SL-Bandverlust zeichnet sich ab in der Dorsalflexion des Lunatums. Proportional den erhaltenen Bandansätzen gelingt es immerhin in der Hälfte der Fälle, das Scaphoid weitgehend in Position zu halten und so den SL-Winkel nicht ins Pathologische abdriften zu lassen.

Bezüglich der Beweglichkeit des Scaphoids fällt auf, daß sie gegenüber Normal-

verhältnissen knapp auf die Hälfte reduziert ist. Die Rotation verteilt sich gleichmäßig auf Palmar- und Dorsalflexion, was der Aufteilung entspricht, die man bei gesunden Händen vorfindet.

Das Scaphoid übertrifft das Rotationsausmaß des Lunatums um $37,9^\circ$ und liegt damit deutlich unter dem bei Normalpersonen gemessenen Übermaß von $47,5^\circ$. Das Capitatum rotiert zwar funktionsgerecht um $23,25^\circ$ mehr als das Scaphoid, erreicht damit aber weniger als die Hälfte der normalerweise zu messenden $56,08^\circ$.

Die Lageveränderung des Scaphoids ist sowohl in Flexion als auch in Extension gegenüber dem Lunatum größer als gegenüber dem Capitatum. Damit könnte man das Scaphoid funktionell der distalen Handwurzelreihe zuordnen.

Dies verdeutlicht einmal mehr die verminderte bandartige Verknüpfung von Scaphoid und Lunatum. Die Rotation bezüglich dem Lunatum gestaltet sich derart, daß das Scaphoid bei Palmarflexion mit $12,89^\circ$ und in Dorsalflexion mit 24° rascher bzw. weiter rotiert.

Im SC-Gelenk liegen die Verhältnisse nicht immer ganz eindeutig vor. So rotieren bei Palmarflexion nur 14 Fälle regelrecht rascher als das Scaphoid. In 4 Fällen herrschen konträre Verhältnisse. Bei Dorsalflexion rotiert einmal das Capitatum ebenso rasch wie das Scaphoid.

P.A.-Aufnahmen

Die Bewegung der Patienten mit proximalen Scaphoid-Teilprothesen in der Abduktionsebene ist gegenüber der Norm ($62,92^\circ$) mit $37,05^\circ$ um 41 % eingeschränkt. Die Abduktion verteilt sich zu 34,93 % auf Radial- und zu 65,07 % auf die Ulnarabduktion. Damit entspricht die Verteilung auf die beiden Richtungen den Verhältnissen bei Normalpersonen (36,82 : 63,18). Die Einschränkung der Gesamtbewegung ließe sich darauf zurückführen, daß eine normale Kippbewegung des Scaphoids infolge gelöster SL-Bandverbindungen nicht möglich ist. Die verbliebenen Radius-Scaphoid-Bänder geben dem Scaphoid eine gewisse Stabilität, daß es bei Radialabduktion nicht vorzeitig die Bewegung behindert.

9.1.5 Distale Scaphoid-Teilprothesen

Die Silikon-Teilprothesen, die vom jeweiligen Operateur intraoperativ individuell zurechtgeschnitten werden müssen, bieten drei Möglichkeiten der Verankerung (Abb. 9.1.5.1):

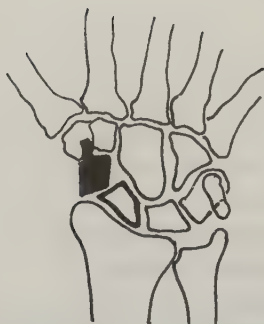
- Verankerung im Trapezium, wie sie bei 3 Patienten durchgeführt wurde.
- Verankerung gleichzeitig im Trapezium und im proximalen Scaphoidfragment, wie es in einem Fall angewendet wurde.
- Verankerung im verbliebenen Scaphoidfragment, wie es bei 3 Patienten zur Anwendung kam (Abb. 9.1.5.1).

● Abb. 9.1.5.1

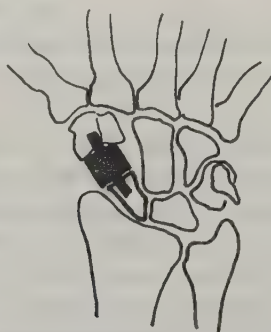
Die Patienten, bei denen das Silikonimplantat im Trapezium verankert wurde, zeigen mit Abstand die besten Bewegungsausschläge, sowohl bei Flexionen als auch bei Abduktionen.

Mit einem Bewegungsausschlag in der Flexions-Extensions-Ebene von durchschnittlich 124° ist die Bewegung bei distalem Ersatz um 25 % geringer als normal. Die Bewegung obliegt durchschnittlich mehr dem Mediocarpal- als dem Radiocarpalgelenk. Die Palmarflexion findet hauptsächlich im Radiocarpalgelenk statt, während bei der Extension das Mediocarpalgelenk in den Vordergrund tritt. Damit zeigt sich ein Unterschied gegenüber Normalpersonen, wo ja beide Bewegungen hauptsächlich auf einer Veränderung im Mediocarpalgelenk beruhen und im jeweiligen Gelenk fast kein Unterschied bei Ausschlägen nach palmar und dorsal besteht.

Bezüglich der Lageverhältnisse der Handwurzelknochen insbesondere des Lunatums ist zu bemerken, daß das Lunatum in zwei Fällen lediglich um 3° bzw. 8° nach dorsal rotiert ist, bei Palmarflexion in die palmare Position kippt und so regelrechte Lagebeziehungen vorliegen. In einem Fall findet sich das Lunatum mit 23° deutlich und in der Folge auch der belassene Scaphoid-Anteil nach dorsal rotiert was einer ZCI (siehe Kapitel 5.2) entspricht. Folge der lunären Verkipfung sind unregelmäßige sklerotische nach dorsaldistal reichende Ausziehungen, die den veränderten Druckbeanspruchungen durch die distale Hand, repräsentiert durch das Capitatum, Rechnung tragen. Vor allem bei dem Patienten, wo eine Dorsalrotation von 23° gemessen wurde, findet man also massive Veränderungen, während bei dem Patienten mit 8° deutlich geringere und bei dem mit 3° keinerlei degenerative Veränderungen sichtbar sind.



Verankerung der Prothese im Trapezium



Verankerung der Prothese im Trapezium und im prox. Scaphoid



Verankerung der Prothese im proximalen Scaphoid-Fragment

Abb. 9.1.5.1 Verankerungsmöglichkeiten der distalen Scaphoid-Teilprothesen

Wie bei allen bisher besprochenen Patientengruppen sind offensichtlich auch hier die erhaltenen oder bestehenden Bandverbindungen wesentlich an den erlaubten Bewegungsmöglichkeiten und den Lagebeziehungen der einzelnen Handwurzelknochen beteiligt.

Bei Resektion des distalen Scaphoid-Anteils wird die distale Verankerung oder Stabilität in Mitleidenschaft gezogen. Während im proximalen Bereich die Verbindung zum Lunatum, Triquetrum und Radius erhalten bleibt, kommt es mit Sicherheit zu einem Verlust des Scaphoid-Trapezium-Bandapparates und in Abhängigkeit vom Ausmaß der Resektion zur Einschränkung der Scaphoid-Capitatum- und Scaphoid-Radius (lig. collaterale radiale)-Bänder.

Es kann trotz erhaltender SL-Bandverbindungen zu einer DISI, also Dorsalinstabilität des Lunatums kommen, wenn das Scaphoid nurmehr proximal fixiert und so dem Rotationsdrang des Lunatums nicht mehr widerstehen kann (Abb. 9.1.5.2). So richtet sich das Lunatum weniger nach dem Scaphoid als vielmehr das Scaphoid nach dem Lunatum. In einem der untersuchten Fälle mit dist. Scaphoid-Teilprothese zeigt sich dies sehr deutlich. Ob es sich im Rahmen der DISI um eine SL-Dissoziation oder eine ZCI handelt, ist insofern schwierig, als es nicht möglich ist, in den Scaphoid-Prothesen-Komplex eine Achse einzutragen, da vor allem bei alleiniger Verankerung der Prothese im Trapezium anders als bei Vollprothesen oder proximalen Teilprothesen keine festere Verbindung zwischen Prothese und Scaphoidfragment zustande kommt. Andererseits ist -der Operationstechnik entsprechend- davon auszugehen, daß die SL-Bänder erhalten bleiben, was sich im übrigen auch in P.A.-Aufnahmen in einem normalen SL-Gelenkspalt zeigt. Damit liegt aber nahe, daß der Scaphoidrest mit dem Lunatum nach dorsal kippt, so daß eine Zentrale CI vorliegen muß (Abb. 9.1.5.2).

Beste Bewegungsverhältnisse mit einem regelrechten Lunatum bezüglich Lage, Zentrierung über dem Radius und Symetrie, zeigt sich in dem Fall, in welchem mit 20 mm Längsdurchmesser ein großer Teil des Scaphoids erhalten worden ist. Obwohl auch hier die Prothese im Trapezium verankert, mit dem Scaphoid in keiner festen Beziehung steht, ist unseres Erachtens soviel des Scaphoids erhalten, um den größten Teil des lig. collaterale und die Bandverbindungen zum Capitatum und zum Triquetrum zu schonen. Damit ist das Scaphoid nicht nur proximal, sondern auch weiter distal soweit verankert, daß es die Bewegungen des Lunatums sinnvoll einschränken und das Lunatum in anatomischer Lage halten kann.

Die Prothese ist mit einem intramedullären Zapfen im Trapezium verankert, besitzt demnach distal eine stabile Verbindung, während proximal keine Möglichkeit besteht, direkt mit dem erhaltenen Scaphoid oder indirekt über Bandverbindungen zum Capitatum oder Radius, Stabilität zu erreichen. Als Folge sieht sich das proximale Ende der Prothese nach radial herausgedreht. Es besteht in allen Fällen eine Dissoziation zwischen Prothese und Caputatum (Abb. 9.1.5.3). Auch hier spielt die Größe des Implantates eine nicht unerhebliche Rolle. Im Falle eines kleinen Ersatzes ist die Tendenz zur Dislokation geringer, da möglicherweise eine effektivere Kapselplastik möglich ist und stabilere Verhältnisse in der Umgebung des Implantates, v.a. auch im erhaltenen Scaphoid aus den oben erläuterten Gründen, zu einer Stabilisierung beitragen können.

In den zwei Fällen größerer Resektion zeigen sich deutliche Dislokationstendenzen der Prothese nach radial mit Prothesen-Capitatum-Diastase. Es handelt sich offensichtlich um eine Rotation der Prothese um eine dem Zapfen entsprechende Achse.

● Abb. 9.1.5.1

In einem Fall wurde die Prothese sowohl im Trapezium als auch im verbliebenen Scaphoid verankert.

Mit einem Bewegungsumfang von 136° ist dieser nur um ca. 18 % geringer als unter Normalverhältnissen. Auch in den Abduktionsbewegungen findet man mit 55° eine ausgezeichnete Funktion. Die Gesamtbewegung verteilt sich auf Radiocarpal- und Mediocarpalgelenk mit 39 : 61 im selben Verhältnis, das man bei Normalpersonen berechnen kann. Die Flexion erfolgt hauptsächlich im Radiocarpal- und die Extension im Mediocarpalgelenk.

Die hervorragenden Funktionsergebnisse dürfen jedoch nicht über einige Ungeheimheiten bezüglich der Lagebeziehungen der Handwurzelknochen hinwegtäuschen.

Das Lunatum ist mit 25° nach dorsal rotiert. Dies scheint zunächst verwunderlich, wenn man bedenkt, daß die SL-Bandverbindungen bei der Operation unberührt blieben und daß dem erhaltenen Scaphoid über die Verankerung der Prothese ein Brückenschlag zum Trapezium und somit eine gewisse Stabilität gelungen zu sein scheint. Betrachtet man den Winkel, den der Scaphoid-Prothesen-Komplex mit der Radiusachse einnimmt, so ist dieser mit nur 38° (normal 50°) spitzwinkelig. Das Scaphoid ist also dorsalrotiert und veranlaßt durch seine Verbindung zum Lunatum das letztere zu einer gleichartigen Verkipfung. Es resul-

tiert die von Taleisnik (96) bezeichnete Zentrale Carpalinstabilität im Rahmen einer DISI. So finden sich ähnliche Verhältnisse, wie sie bei alleiniger Verankerung der Teilprothese im Trapezium zu sehen sind. Das Aufrichten des Scaphoids kommt wahrscheinlich dadurch zustande, daß die Prothese etwas zu klein gewählt wurde. Der Raum für das Scaphoid ist zu groß, so daß sich das erhaltene Scaphoid in dem freien Raum stärker aufrichten kann als normal (Abb. 9.1.5.4).

Ansonsten zeigt der Scaphoid-Prothesen-Komplex eine gute Beweglichkeit bezüglich der umliegenden Knochenteile. Die Bewegungseinschränkungen gegenüber dem Lunatum, dem Radius und dem Capitatum entsprechen den bei der Gesamtbeweglichkeit in Flexion-Extension gemessenen Einschränkungen.

Die Verankerung im Trapezium und im proximalen Scaphoid bietet verschiedene Vorteile:

Einmal bleibt die SL-Verbindung unangetastet und kann aus den an anderer Stelle ausführlich dargelegten Gründen wichtige Beiträge zur Funktion der Handwurzel liefern.

Zum anderen erhält das proximale Scaphoid durch seine Verknüpfung mit der Prothese einen Teil der mit dem distalen Bandapparat verlorengegangenen Stabilität zurück. Eine feste Verankerung würde zwar die Funktion stabilisieren, aber gleichzeitig in seiner Motilität einschränken. Die intramedullären Silikonzapfen sind aber beidseitig zementfrei verankert, so daß kolbenartige Verschiebebewegungen in proximodistaler Richtung möglich sind. Dabei wirkt die Prothese etwas wie das Glied einer Kette. Zwischen prox. Scaphoid und Trapezium sind also geringe Bewegungen möglich, die in Annäherung den unter normalen Verhältnissen vorhandenen Verschiebungen zwischen Scaphoid und Trapezium entsprechen (Abb. 9.1.5.5).

● Abb. 9.1.5.1

In drei Fällen distalen Scaphoid-Ersatzes versuchte man den Silikonersatz im erhaltenen Scaphoidfragment zu verankern, wobei einmal lediglich ein Häubchenersatz zur Implantation verwendet wurde.

Als Ergebnis mißt man bei den Patienten mit Teilprothesen eine erhebliche Bewegungseinschränkung sowohl in den Flexions- als auch in den Abduktionsbewegungen. Die Gesamtbewegung in der Flexions-Extensions-Ebene ist mit 61° bzw. 66° durchschnittlich um 61,62 % gegenüber Normalhänden vermindert. In beiden Fällen überwiegt die Bewegung im Mediocarpalgelenk mit 36° bzw. 43° diejenige im Radiocarpalgelenk mit 23° bzw. 25°. Obwohl bei Bewegungen keine erheblich vergrößerte Gelenkspalte oder Luxationen des Prothesenteiles imponieren,

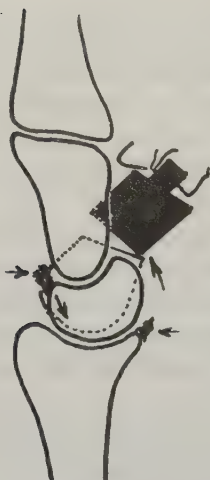


Abb. 9.1.5.2 Dorsalflexion des proximalen Scaphoid-Fragmentes

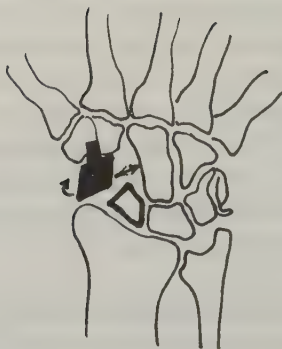


Abb. 9.1.5.3 Diastase zwischen Prothese und proximalen Scaphoid

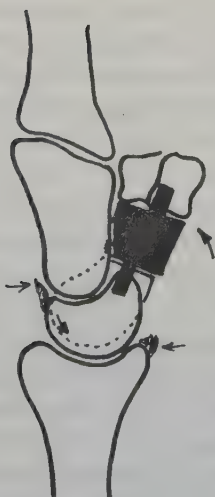


Abb. 9.1.5.4 Bilaterale Verankerung der distalen Scaphoid-Prothese

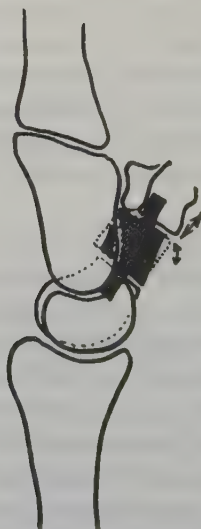


Abb. 9.1.5.5 Bilaterale Verankerung der distalen Scaphoid-Prothese

zeigt sich dennoch eine massive Veränderung in der Lage des Lunatums: In beiden Fällen ist das Lunatum mit 40° (!) bzw. 28° deutlich nach dorsal rotiert, das Capitatum erfährt eine Wanderung auf der konkaven Lunatungelenkfläche nach dorsal. Einmal geht diese Dorsalverlagerung des Capitatums soweit, daß man von einer perilunären Luxation sprechen kann.

Versucht man durch den Scaphoid-Prothesen-Komplex eine Achse zu ziehen, so ergibt sich ein SL-Winkel von 101° bzw. 68° . Definitionsgemäß liegt im ersten Fall eine SL-Dissoziation vor, was aber verwundert, da ja die SL-Bandverbindungen unberührt sein müßten. Hierfür ergeben sich zwei Möglichkeiten: Erstens könnte die Prothese schräg in das Scaphoid implantiert oder subluxiert sein (Abb. 9.1.5.6) (Abb. 3.1.15). Damit ergibt sich fälschlicherweise eine zu flache Achse. Zweitens könnte die perilunäre Luxation Auswirkungen im Sinne einer Lockerung auf die SL-Bänder gehabt haben.

Im anderen Fall liegt nach Gilula (43) nur ein verdächtiger Fall vor, jedoch ein mit 38° deutlich unter der Norm liegender SR-Winkel. Hier scheint das Scaphoid dorsalrotiert und so -bei Dorsalflexion des Lunatums- eine ZCI vorzuliegen.

Die Bewegungen der Scaphoidachsen in Bezug zu den anderen Handwurzelknochen zeigen folgende Ergebnisse:

Der Scaphoid-Prothesen-Komplex zeigt gegenüber dem Radius bei Palmarflexion mit 32° bzw. 36° mehr als den doppelten Bewegungsausschlag als nach dorsal (18° bzw. 13°). Dies verdeutlicht den Verlust des Bandapparates, der normalerweise die Scaphoid-Trapezium-Gelenkkapsel verstärkt. Gelenkkapsel und Bandapparat sind bei prothetischem Ersatz nicht mehr vorhanden, so daß das Trapezium auf der distalen Prothesengelenkfläche mehr oder weniger hin und hergleitet, ohne jedoch die Möglichkeit zu besitzen, den Scaphoid-Prothesen-Komplex bei Dorsalflexion der Handwurzel mit aufzurichten. Daraus resultiert die geringere SR-Winkelveränderung bei Dorsalflexion (Abb. 9.1.5.7).

Im Fall der Häubchenprothese findet man im Gegensatz zur Teilprothese mit Verankerung im Scaphoid mit 103° deutlich bessere Ergebnisse im Flexions-Bewegungsumfang. Dies hängt möglicherweise mit der größeren Menge erhaltener Bänder zusammen. Gleichwohl findet man das Lunatum mit 46° derart massiv dorsalrotiert, wie man es bei keinem anderen Patienten in der gesamten Studie finden konnte.

Es liegt eine perilunäre Luxation vor, die nicht unbedingt mit der Prothesenimplantation in Zusammenhang stehen muß. Mit einem SL-Winkel von 103° liegt eine SL-Dissoziation vor. Das Scaphoid steht bei einem SR-Winkel von 56° regelrecht.

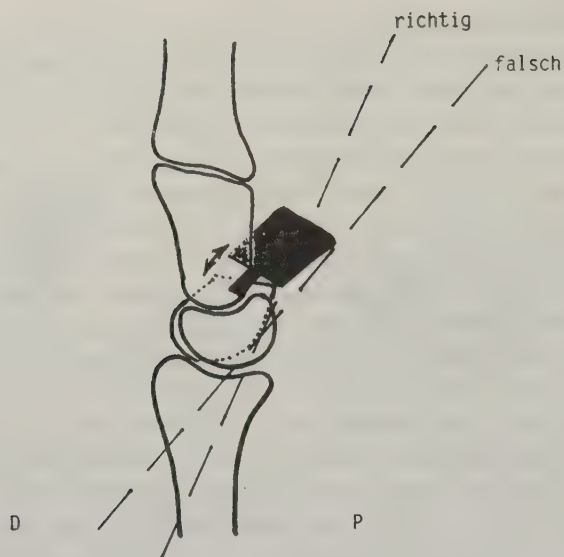


Abb. 9.1.5.6 Schwierigkeiten bei der Achsenzeichnung infolge Lockerung der distalen Scaphoid-Teilprothese.

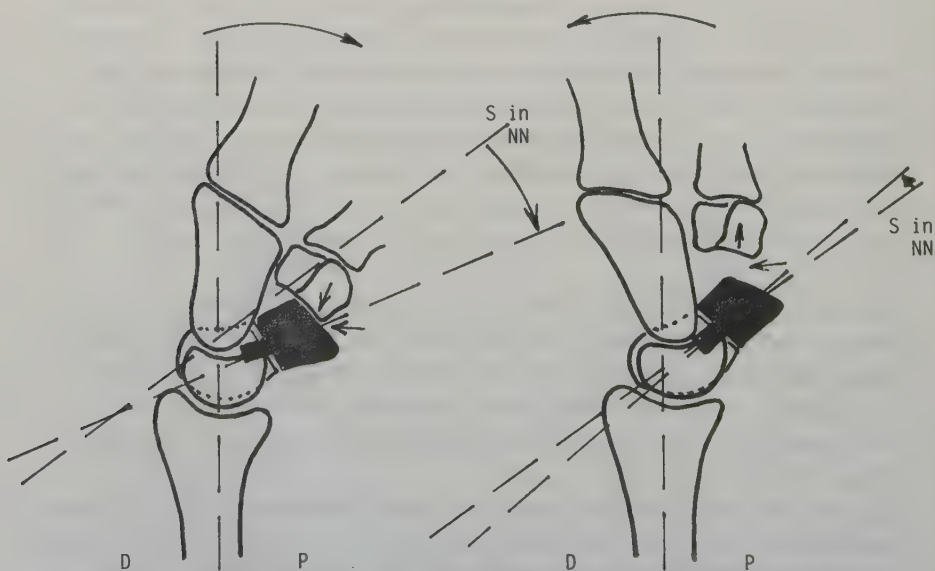


Abb. 9.1.5.7 Funktionelles Verhalten einer dist. Teilprothese mit Verankerung im prox. Scaphoid bei Flexion und Extension.

Bei den Abduktionsbewegungen erfährt der Bewegungsumfang mit 23°, 28° bzw. 33° eine Minderung um durchschnittlich 44,5 %. Die Funktionsaufnahmen zeigen nur geringe Kipp- und Aufrichtebewegungen.

Die erhaltenen Scaphoidfragmente zeigen diffuse Auflockerungen und Verdichtungen, so daß sich in einem Fall der Verdacht, im anderen die Gewißheit aufdrängt, daß es sich hier um ein nekrotisch verändertes Scaphoidfragment handelt.

Obwohl die Prothesen insgesamt recht gut liegen -etwa im Vergleich zu zwei der im Trapezium verankerten Implantate- ist die Beweglichkeit in der Handwurzel unverhältnismaßig stark eingeschränkt. Dies zeigt, daß, trotz erhaltener SL- und sonstiger Bandverbindungen im proximalen Bereich, ein großes, nur im Scaphoid verankertes Implantat, eine für die Funktion nicht unerhebliche ⁱⁿ Stabilität im Trapezium-Trapezoideum-Bereich mit sich bringt.

9.1.6 Lunatum-Prothesen

Das Lunatum ist der Mittelpunkt der von Gilford beschriebenen zentralen Artikulationskette, bestehend aus Radius, Lunatum und Capitatum. Als "Meniscus" dient es der Übertragung der Bewegung vom Unterarm auf die Hand (siehe Kapitel 5.1 "Anatomie und Mechanik"). Am Lunatum setzen keine Muskeln an, so daß keine aktiven Bewegungen möglich sind. Passiv wird das Lunatum in einer zweckmäßigen Lage gehalten durch seine besondere Keilform sowie verschiedene Bänder, die zum Scaphoid, zum Radius, Triquetrum und zur Ulna führen.

Vorweg ist zu bemerken, daß sich bei einer Anzahl von nur 6 Patienten keine aussagekräftigen Mittelwerte berechnen lassen und nur Einzelbefunde beschrieben und diskutiert werden können unter der Beachtung von möglichen Tendenzen.

Der Ersatz des Lunatums ist wie die Resektion anderer Carpi mit einem Verlust der umliegenden Bandverbindungen verbunden. So zeigen die funktionellen Ergebnisse, daß sich die Bewegung der Handwurzel dann am besten rekonstruieren läßt, wenn möglichst viel Bandmaterial unangetastet bleibt, wie im Falle der Häubchenprothese. Mit 136° Bewegungsumfang in der Flexionsebene und 65° in radioulnarer Duktion mißt man lediglich im Flexionsumfang etwa 18 % Bewegungsdefizit, während sich die Radioulnar-Bewegung im oberen Bereich der Norm bewegt. Ansonsten lassen sich regelrechte Lage- und Funktionsbeziehungen der Carpalknochen feststellen und so ein überaus erfolgreiches Ergebnis konstatieren.

Betrachtet man demgegenüber die Ergebnisse der Fälle vollständigen Lunatum-Ersatzes, so zeigen sich in allen ausgemessenen Handwurzeln massive Bewegungseinschränkungen und Funktionsveränderungen, die eindrucksvoll den Sinn perilunärer Bandverbindungen belegen.

Die größte Einschränkung der Beweglichkeit in der Flexionsebene zeigt ein Winkelmaß von 40°, die beste Beweglichkeit umfaßt 103°, bleibt damit aber immerhin noch etwa 38 % unter den Normalbedingungen.

Vergleicht man das Verhältnis von Bewegung zwischen Scaphoid und Capitatum mit dem zwischen Scaphoid und Radius, so zeigt dies -wie normal- eine stärkere Bewegung zwischen Scaphoid und Radius. Allerdings ist das Übergewicht in der Scaphoid-Radius-Bewegung bei Lunatumprothesen-Trägern gegenüber normal stärker ausgeprägt. Mit anderen Worten: Die ohnehin größere Beweglichkeit zwischen Scaphoid und Radius erfährt bei den Lunatumprothesen eine weitere Steigerung. Dies läßt sich darauf zurückführen, daß das Scaphoid zwar im wesentlichen seine

Bandverbindungen behält, aber dennoch die scapholunären Bänder entbehren muß. Nicht mehr gehemmt vom Lunatum kann sich das Scaphoid im distalen Teil etwas besser hin- und herbewegen. Gleichzeitig ist die Beweglichkeit im SC-Bereich gegenüber normal etwas stärker eingeschränkt, da eine der Gesamtbewegung der Handwurzel adäquate Bewegung dort nicht notwendig ist, da ja das Scaphoid im proximalen Anteil nicht den gewohnten Widerstand leistet.

Daß das Scaphoid im Gegensatz etwa zu den Voll- und Teilprothesen des Scaphoids (worauf an anderer Stelle noch näher eingegangen wird) in seinen Lagebeziehungen weniger in Mitleidenschaft gezogen wird, erklärt sich wieder aus der großen Anzahl erhaltener Bandverbindungen und zeigt sich in den relativ guten SR-Winkeln (47° , 37° , 66° , 58° , 69°) (Tab. 8.2.4.6). Daß immerhin ein Winkel grenzwertig und zwei deutlich außerhalb der Norm von 30° bis 60° (nach Gilula (43)) liegen, ist abhängig von Größe, Lage und Verhalten der Prothese. Ist die Prothese zu klein (Abb. 9.1.6.1 und 9.1.6.2) rotiert sie nach palmar oder wandert sie nach ulnar, so verkürzt sich der Capitatum-Radius-Abstand, was auf Kosten des Scaphoid-Raumes gehen muß. Das Scaphoid geht daraufhin den Weg des geringsten Widerstandes, kippt im proximalen Teil etwas nach dorsal. Dies ist die einzige Möglichkeit, denn das Scaphoid liegt ohnehin in einer palmarrotierten Stellung vor und außerdem ist ein Kippen im distalen Bereich infolge der Scaphoid-Trapezium-Bandverbindung nur in beschränktem Umfang möglich.

Ist die Prothese groß genug, so besteht für das Scaphoid ebenso wenig die Notwendigkeit einer Positionsveränderung wie bei einer Dorsalflexion der Prothese, da der Capitatum-Radius-Abstand nicht verkürzt wird, da die Radiusgelenkfläche, die von dorsal distal nach palmar proximal reicht, dies verhindert (Abb. 9.1.6.3).

Bezüglich der Prothesenposition fällt auf, daß sie sowohl palmar und dorsal rotiert sowie nach ulnar transloziert vorzufinden ist. Dies ist unseres Erachtens der Tribut, den die Prothese den verlorenen Bandverbindungen zollen muß.

In der folgenden Kasuistik soll ein Patient vorgestellt werden, der, mit einer Lunatum-Prothese versorgt, eine gute Beweglichkeit zeigt, obgleich auch hier Lageveränderungen nicht zu übersehen sind:

Mit 103° Flexionsumfang zeigt sich hier das beste Ergebnis unter den Vollprothesen (Tab. 9.1.6.1). Die Lunatumprothese ist in seitlicher Aufnahme nicht

gut zu sehen, so daß man das Augenmerk auf die Scaphoidachse legt. Dabei zeigt sich eine SR-Beweglichkeit von 115° und damit eine den normalen Verhältnissen entsprechende Beweglichkeit (!), während sich im SC-Bereich mit 34° eine gegenüber den normalen Verhältnissen um 39,37 % verminderte Beweglichkeit zeigt. Eindrucksvoller als in diesem Beispiel läßt sich die Funktion der SL-Bänder nicht darstellen: Durch den Verlust der SL-Bänder kann das Scaphoid im proximalen Teil relativ frei hin- und herpendeln. Damit verliert aber eine der Handwurzelbewegung adäquate SC-Beweglichkeit ihre Notwendigkeit und Möglichkeit, da einerseits das Scaphoid dieser Funktion entgegenkommt, andererseits nicht das entsprechende Widerlager im distalen Teil bietet.

Die Prothese scheint etwas zu klein, das Capitatum drückt auf den SL-Bereich, bewegt dabei das Lunatum nach ulnar, nähert sich dem Radius und verkleinert den Scaphoidraum (Abb. 9.1.6.1). So kippt das Scaphoid etwas mehr in die Horizontale, um diesem Druck auszuweichen.

Die bei jedem Patienten unterschiedlichen Bewegungseinschränkungen und Funktionsgewichtungen sowie die verschiedenen Rotationstendenzen der Lunatumprothesen verdeutlichen die Schwierigkeiten, mit denen die Implantation einer Lunatumprothese verbunden ist. Für einen geregelten Bewegungsablauf in der Handwurzel ist das Lunatum überaus wichtig. Entbehrt das Lunatum, wie bei dem Silikon-Ersatz unumgänglich, der natürlichen Bandverbindungen zum Caputatum, zum Radius, zum Triquetrum, zur Ulna und nicht zuletzt zum Scaphoid, so ist einerseits seine Position gefährdet, andererseits kann es nicht mehr dazu beitragen, die Bewegungen anderer Karpalknochen, v.a. des Scaphoids in geregelte Bahnen zu lenken.

	RC-Bewegung	SR-Bewegung	SC-Bewegung
Normal	165,58°	110,42°	56,08°
T.J. m 20	103°	115°	34°
%-Einschränkung	37,79 %	0 %	39,37 %

Tab. 9.1.6.1 Bewegungsmuster am Beispiel eines Patienten mit Lunatum-Vollprothese

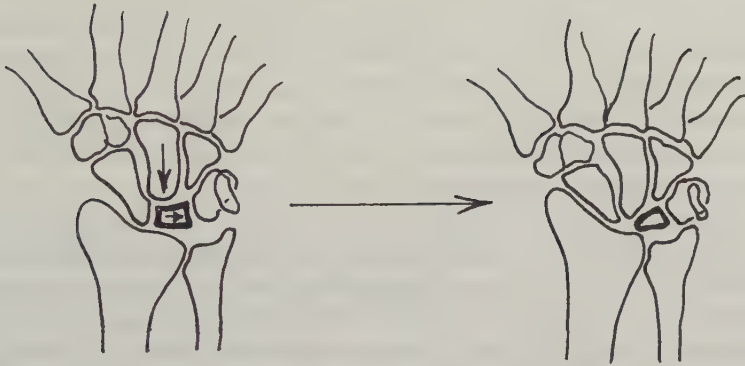


Abb. 9.1.6.1 Ulnare Translokation bei zu kleiner Lunatum-Vollprothese.

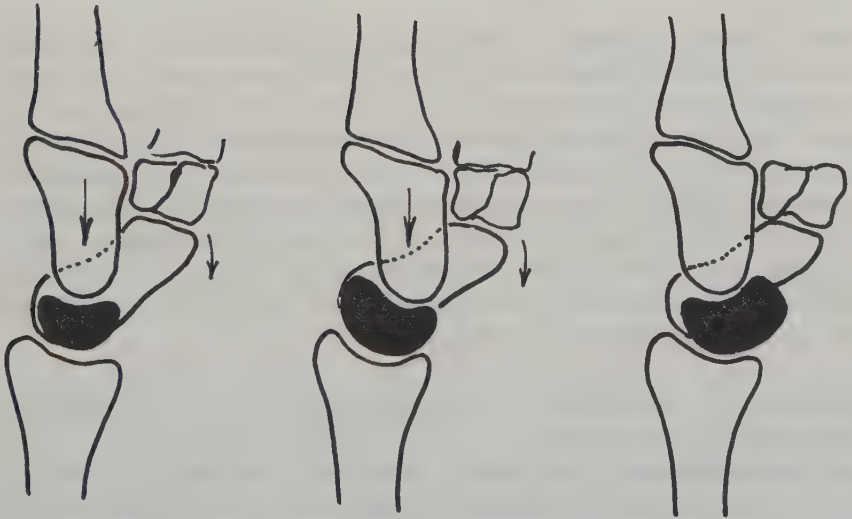


Abb. 9.1.6.2 Verkürzung des Capitatum-Radius-Abstandes mit Palmarflexion des Scaphoids bei zu kleiner oder palmarro-
tierter Lunatum-Prothese.

Abb. 9.1.6.3 Keine Veränderung
des R-C-Abstandes bei Dorsalflexion
der Lunatum-Prothese.

9.1.7 Trapezium-Prothesen

Die Patienten mit Trapezium-Vollprothesen zeigen mit einem durchschnittlichen Bewegungsumfang von 122° in der Flexionsebene lediglich eine Einschränkung von 26,32 % gegenüber Normalpersonen. Auch bei den Abduktionsbewegungen liegen die Bewegungsausmaße mit 41° , 42° , 47° , 47° so dicht beisammen, daß ein Mittelwert berechnet werden kann. Mit $44,25^\circ$ liegt der Umfang mit 29,67 % unter dem bei Gesunden gemessenen Wert.

Bis auf einen Fall, bei dem die Bewegung mit mehr als dem doppelten Wert im MC-Gelenk beruht, übertrifft die Bewegung im MC-Gelenk nur zu einem geringen Prozentsatz (~ 16 %) diejenige im RC-Gelenk. Bei Gesunden beträgt der Unterschied etwa 70 %, d.h., daß normalerweise das MC-Gelenk in der Beweglichkeit das RC-Gelenk etwa zu 2/3 übertrifft.

Ist eine eindeutige Scaphoidachse einzuzeichnen, was in drei Fällen möglich ist, so findet man eine SL-Beweglichkeit von 30° , 34° bzw. 36° , die gegen normal um etwa 29 % eingeschränkt ist und sich so im Rahmen der allgemein veränderten Beweglichkeit befindet (Tab. 8.2.5.5).

Bezüglich der Beweglichkeit zwischen Capitatum und Scaphoid lassen sich leider keine verbindlichen Aussagen machen. Die Bewegungseinschränkung bewegt sich von nur 3,7 % über 27,69 % bis zu 44,58 %. Damit ergibt sich ein recht diffuses Bild funktionellen Defizites. Man hätte durchaus erwarten können, daß das Scaphoid im distalen Bereich eine größere Beweglichkeit zeigt, da der begrenzende Scaphoid-Trapezium-Kapsel-Bandapparat nicht mehr vorhanden ist. Gleichzeitig fehlt der Druck im distalen Scaphoidbereich, was zu einer Verminderung der SL-Beweglichkeit führen müßte. Das Letztere ist zwar stets der Fall, es läßt sich aber -zugegebenermaßen- nicht differenzieren, ob dies nicht nur im Rahmen der allgemeinen Bewegungseinschränkung liegt.

Insgesamt läßt sich bezüglich der Beweglichkeit bei Patienten mit Trapezium-Vollprothesen folgendes sagen:

Die Bewegungsmessungen zeigen, daß bei einem derartigen Eingriff nur mit geringen Einschränkungen zu rechnen ist. Da das Scaphoid erhalten und alle Bänder, mit Ausnahme der zum Trapezium, geschont werden können, bleibt das Scaphoid in regelrechter Position. Lediglich im Fall einer zusätzlichen Teilresektion des Scaphoids resultiert eine Dorsalrotation des Lunatums, die möglicherweise durch das in seiner Lage gelockerte Scaphoid zustande gekommen ist.

Nach Kauer (49) besitzt das Scaphoid, wie das Lunatum, die Tendenz zur Dorsalrotation, die im wesentlichen durch Scaphoid-Trapezium-Verbindungen verhindert wird.

Trotzdem erhält man auch im letzten Fall eine gute Beweglichkeit. Es wurde eine große Trapezium-Prothese implantiert, die bis zum restlichen Scaphoid reicht. Wenn man bedenkt, daß bei diesem Patienten zunächst andernorts eine Arthrodese im Scaphoid-Trapezium-Bereich durchgeführt worden ist, die sicherlich größte Bewegungsdefizite hervorrufen müßte, so handelt es sich hier um ein mehr als hervorragendes Ergebnis, zumal bei diesem Patienten neben der Funktionseinschränkung auch die erhebliche Schmerzsymptomatik weitgehend behoben worden ist.

Nach radial scheint die Prothese die geringste Stabilität zu haben. In allen Fällen überlagert die Trapezium-Prothese den distalen Scaphoidpol mehr oder weniger nach radial. Dies ist jedoch nicht auf ein Auseinanderweichen zwischen Prothese und Trapezoideum zurückzuführen, da der Abstand während Radial- und Ulnarabduktion gleich bleibt, sondern auf eine zu breite Prothese oder darauf, daß sich die Prothese aufgrund ihrer Form zu wenig mit dem Trapezoideum verzahnt.

In einem Fall hingegen ist die Prothese weit vom Trapezoideum entfernt. Während in den übrigen Fällen die Verbindungen zwischen MC I und MC II ein Auseinanderweichen von Prothese und Trapezoideum verhindern, unterliegen hier die Metacarpale-Verbindungen offensichtlich einer Schädigung, da sie bis zu 4 mm auseinanderklaffen.

Die Verlagerungen nach radial haben jedoch auf die Beweglichkeitseinschränkung wenig oder keine Auswirkungen.

9.2 ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION ALLER UNTERSUCHTEN PROTHESEN

Es scheint zweckmäßig, im folgenden verschiedene Parameter der Funktion und Stabilität der Handwurzel und einzelner Carpalknochen bei verschiedenen Prothesen gegenüberzustellen, um die Zweckmäßigkeit der einzelnen Implantate zu diskutieren. Es wird sich zeigen, welche Auswirkungen die Prothesen auf die Mechanik und Stabilität der Handwurzel im Vergleich haben, und es wird versucht, die Ursachen möglicher Einschränkungen und Dislokationen zu diskutieren. Es sei vorausgeschickt, daß die einzelnen Prothesen natürlich nicht gegeneinander ausgetauscht werden können, lediglich bei Teil- und Vollprothesen desselben Knochens ergeben sich echte Alternativen.

9.2.1 Winkel, Bewegung, Dislokationen, Carpalinstabilitäten (Tab. 9.2.1)

● RC-Bewegung (Tab. 9.2.1) =====

Bei allen untersuchten Patienten zeigen neben den Häubchenprothesen jene mit vollständigem Trapeziumersatz sowie mit distalem Scaphoid-Teilersatz, der entweder nur im Trapezium oder sowohl im Trapezium als auch im proximalen Scaphoid verankert ist, die besten funktionellen Ergebnisse bezüglich der Flexionsbewegungen.

Mit großem Abstand folgen die proximalen Scaphoid-Teilprothesen und die Scaphoid-Vollprothesen, die schlechtesten Resultate liefern die distalen Scaphoid-Teilprothesen mit alleiniger Verankerung im proximalen Scaphoid sowie die Lunatum-Vollprothesen.

Innerhalb der Möglichkeit eines Teil- oder Vollersatzes des Scaphoids zeigt sich, daß die Patienten, bei denen die distale Teilprothese entweder allein im Trapezium oder bilateral verankert ist, mit einem durchschnittlichen Bewegungsumfang von 127° in der Flexionsebene diejenigen mit proximalen Ersatz ($87,76^\circ$) um 44,71 % und die Vollprothesen ($80,42^\circ$) um 57,92 % übertreffen (Tab. 9.2.1). Patienten, bei denen die distale Prothese nur im erhaltenen proximalen Scaphoid verankert ist, zeigen mit $63,5^\circ$ gegenüber den Vollprothesen, den prox. Teilprothesen und den anderen distalen Teilprothesen eine Einschränkung ihrer Beweglichkeit um 21,04 %, 27,64 % und 50 %.

● RU-Bewegung (Tab. 9.2.1)

Bei den Abduktionsbewegungen gilt annähernd die gleiche Reihenfolge wie bei den RC-Bewegungen. Die beste Bewegung zeigt jene distale Teilprothese, die bilateral verankert ist. Anschließend folgen Trapezium-Prothese, distale Teilprothese mit Verankerung im Trapezium, prox. Teilprothese, Vollprothese und distale Teilprothese, im proximalen Fragment verankert.

Die Lunatum-Prothesen liegen mit ihrer Beweglichkeit zwischen Scaphoid-Vollprothese und prox. Teilprothese, sie nehmen also einen relativ besseren Platz ein als bei den Flexionen. Dies liegt wohl daran, daß das bei den Abduktionen v.a. beanspruchte Scaphoid bis auf die SL-Bandverbindungen ungetastet blieb.

● RL : LC (Tab. 9.2.1)

Normalerweise beträgt das Verhältnis zwischen der Beweglichkeit im Radiocarpal- und im Mediocarpalgelenk 0,58. Die Berechnungen bei den Prothesenträgern zeigen, daß sich die Verteilung der Beweglichkeit zugunsten des Gelenks verschiebt, das von seiner Manipulation durch Implantation einer Prothese unbehelligt blieb. So weisen die Patienten mit distalem Scaphoid-Teilersatz und Trapeziumprothesen mit einem Verhältnis RL:LC von 0,59; 0,61; 0,63; 0,74 eine Verschiebung zugunsten des RL-Gelenkes auf. In allen Fällen war die Prothesenimplantation mit einer Manipulation im MC-Gelenk verbunden.

Bei den prox. Teilprothesen und den Scaphoid-Vollprothesen findet man bei einem Quotienten von 0,46 und 0,48 eine Verlagerung zum MC-Gelenk. Die prox. Teilprothesen betreffen direkt die SL-Bänder und damit die Stabilität der proximalen Handwurzelreihe ebenso wie die Vollprothesen, die zwar auch die distale Handwurzelreihe berühren, dort aber mittels Zapfen im Trapezium stabilisiert sind.

● RL-Winkel (Tab. 9.2.2)

Das Lunatum liegt bei prox. Teilprothesen mit $16,14^\circ$ mit rund 33 % weniger dorsalrotiert vor als bei den Patienten mit Scaphoid-Vollprothesen ($24,08^\circ$). Bei distalen Scaphoid-Teilprothesen mit Verankerung im Trapezium ist das Lunatum mit durchschnittlich $11,33^\circ$ dorsalrotiert, wobei hier und in den anderen Fällen distalen Scaphoid-Ersatzes, sowie in den des Trapezium-Ersatzes die geringe Patientenzahl die Aussagekraft etwas beschränkt.

	RC- Bewegung	%- Einschränkung	RI:LC	SL:SC	RU- Bewegung	%- Einschränkung	R:U
Normalpersonen n=12	165,58°		0,58	0,85	62,92°		0,58
Scaphoid-Vollprothesen n=12	80,42°	51,43 %	0,48	2,51	32,5°	48,35 %	0,42
prox. Scaphoid-Teil- prothesen n=21	87,76°	46,99 %	0,46	1,63	37,05°	41,12 %	0,46
dist. Scaphoid-Teil- prothesen n=3 im Trapezium	124°	25,11 %	0,59	-	41,33°	34,31 %	0,55
dist. Scaphoid-Teil- prothesen n=1 1. trap. u. prox. Sca.	136°	17,86 %	0,64	0,43	55°	12,59 %	0,67
dist. Scaphoid-Teil- prothesen n=2 1. prox. Scaphoid	63,5°	61,65 %	0,61	0,53	25,5°	59,47 %	1,68
dist. Scaphoid-Teil- prothesen n=1 Häubchen	103°	37,79 %	0,43	0,52	33°	47,55 %	1,06
Lunatum-Vollprothesen n=5	67,8°	59,05 %	-	-	35,2°	44,06 %	0,49
Lunatum-Häubchen n=1	136°	17,86 %	-	-	65°	- 3,31 %	0,59
Trapezium-Vollpro- thesen n=4	122°	26,32 %	0,47	0,83	44,25°	29,67 %	0,49

Tab. 9.2.1 Bewegungsmaß und -einschränkung der erfaßten Prothesen gegenüber Normal.

● SR-Winkel (Tab. 9.2.2)

Der Winkel, den das Scaphoid zum Radius beschreibt, ist sowohl bei den Patienten mit prox. Teilprothesen, als auch bei jenen mit Vollprothesen größer oder stumpfer als normal. Bei den Vollprothesen ist der SR-Winkel von 68,86° um 28,11 % größer als der bei proximalen Teilprothesen, der letztere weicht nur unwesentlich von den Normalverhältnissen ab. Auch bei den Patienten mit Lunatum-Vollprothesen zeigt sich das Scaphoid etwas mehr nach palmar gebeugt als normal.

● SL-Winkel (Tab. 9.2.2)

Der SL-Winkel gilt, wie des öfteren erwähnt, als Indikator für die SL-Dissoziation. Er zeigt bei den Vollprothesen einen gegenüber normal fast um das Doppelte und gegenüber den prox. Teilprothesen einen um 30,95 % erhöhten Wert.

● Dislokationen (Tab. 9.2.3)

Den besten Sitz zeigen Patienten mit distalem Scaphoid-Ersatz, die entweder bilateral oder allein im proximalen Scaphoid verankert sind. Danach folgen prox. Teilprothesen, Trapezium-Scaphoid-Vollprothesen, distale Teilprothesen mit Verankerung im Trapezium und schließlich Lunatum-Vollprothesen.

● Carpalinstabilitäten (Tab. 9.2.3)

Patienten mit Trapezium-Vollprothesen zeigen keinerlei Carpalinstabilitäten. Patienten mit Lunatum-Vollprothesen weisen als einzige der ganzen Studie eine PISI auf, weiter findet man eine ulnare Translokation sowie drei Personen, bei denen die Achsenzeichnung und somit die Entscheidung über CI nicht möglich war. Im Fall der distalen Teilprothesen mit Verankerung im prox. Scaphoid findet man eine ZCI und zwei SL-Dissoziationen, d.h. in allen Fällen eine DISI. Die distale Teilprothese, die bilateral verankert ist, zeigt eine ZCI und die Teilprothesen mit Zapfen im Trapezium weisen in zwei Fällen eine breite SC-Kluft als SC-Diastase auf, sowie einmal eine ZCI.

Die bisherigen Patientengruppen sind, wie immer wieder betont werden muß, unter Vorbehalt bezüglich einer Verallgemeinerung zu betrachten, da dies infolge der geringen Patientenzahlen unmöglich erscheint. Interessanter und weitaus aussagekräftiger gestalten sich hingegen Scaphoid-Voll- und prox. Scaphoid-Teilprothesen (Tab. 9.2.4 und 9.2.5):

Bei den Vollprothesen beobachtet man in 58,33 % eine SL-Dissoziation und in 33,33 % eine SC-Diastase, während man bei den prox. Teilprothesen nur in 19,05 % eine SL-Dissoziation, in 4,76 % eine Zentrale CI, keine SC-Diastase

und in 4,76 % eine ulnare Translokation feststellen kann. Die bei Vollprothesen stärkere Dorsalverkipfung des Lunatums gegenüber den prox. Teilprothesen findet ihr Korrelat in den bei 66,67 % und damit um 40 % öfter feststellbaren Lunatumexostosen (Tab. 9.2.4 und 9.2.5).

		✕RL in N.N.	✕SL in N.N.	✕SR in N.N.
Normalpersonen	n=12	1,17° p	49,08°	50,33°
Scaphoid-Vollprothesen	n=12	24,08° d	91,86°	68,86°
prox. Scaphoid-Teilprothesen	n=21	16,14° d	70,15°	53,75°
dist. Scaphoid-Teilprothesen n= 3 im Trapezium		11,33° d	-	-
dist. Scaphoid-Teilprothesen n= 1 im Trapezium u. prox. Scaphoid		25° d	63°	38°
dist. Scaphoid-Teilprothesen n= 2 im prox. Scaphoid		34° d	84,5°	49°
dist. Scaphoid-Teilprothesen n= 1 Häubchen		46° d	103°	56°
Lunatum-Vollprothesen	n= 5	-	-	55,4°
Lunatum-Prothese Häubchen	n= 1	-	-	41°
Trapezium-Vollprothesen	n= 4	21° d	-	45,33°

Tab. 9.2.2 Vergleich der RL-, SL-, SR-Winkel der erfaßten Prothesen in Neutralstellung

p = palmarflektiert

d = dorsalflektiert

	Sitz gut	Subluxation	Luxation
Scaphoid-Vollprothesen	7	3	2
	58,33 %	25 %	16,67 %
proximale Scaphoid-Teilprothesen	17	2	2
	80,95 %	9,52 %	9,52 %

Tab. 9.2.4 Prothesensitz im Vergleich: Scaphoid-Vollprothesen und prox. Scaphoid-Teilprothesen

	P R O T H E S E		DISI-SL-Dissoziation	DISI-Zentrale CI	PISI	SC-Diastase	Ulnare Translokation
	Sitz gut	Dislokation					
Scapoid-Vollprothesen n=12	7 58,33 %	5 41,67 %	7 (1) 58,33 %	0 (1) 0 %	0 (1) 0 %	4 33,33 %	0 0 %
prox. Scapoid-Teilprothesen n=21	17 80,95 %	4 19,05 %	4 (2) 19,05 %	1 (2) 4,76 %	0 (2) 0 %	0 0 %	1 4,76 %
dist. Scapoid-Teilprothesen n=3 im Trapezium	1 33,33 %	2 66,67 %	0 0 %	1 33,33 %	0 0 %	2 66,67 %	0 0 %
dist. Scapoid-Teilprothesen n=1 i. Trap.+prox.Sca.	1 -	0 -	0 -	1 -	0 -	0 -	0 -
dist. Scapoid-Teilprothesen n=2 i. prox. Scapoid	2 100 %	0 0 %	1 50 %	1 50 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %
Lunatum-Vollprothesen n=5	1 (3) 20 %	3 (3) 60 %	0 0 %	0 0 %	1 20 %	0 0 %	1 20 %
Trapezium-Vollprothesen n=4	3 75 %	1 25 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %	0 0 %

Tab. 9.2.3 Handwurzelbeurteilung der verschiedenen Prothesen im Vergleich

1): In seitlicher Aufnahme ist in einem Fall die Prothesenlage und damit auch die -Achse nicht sicher bestimmbar. Damit ist bei erheblich nach dorsal flektiertem Lunatum nicht zu unterscheiden zwischen DISI oder PISI.

2): In seitlicher Aufnahme ist in einem Fall die Prothesenlage und damit auch die -Achse nicht sicher bestimmbar. Damit ist nicht zu entscheiden, ob bei dem mit 14° dorsalflektierten Lunatum eine Dorsal- oder Palmar-Carpalinstabilität vorliegt.

3): Die verminderte Anzahl der Prothesen bei der Beurteilung der Prothesenlage ist darauf zurückzuführen, daß in einem Fall die Lage der Prothese in seitlicher Aufnahme nicht beurteilt werden kann.

	Keine Carpal- instabilität	D I S I SL-Disso- ziation ja fraglich ja fraglich				SC-Dia- stase	Ulnare Trans- lokation
Scaphoid- Vollprothesen	0	7	4	0	0	4	1
	0 %	58,33%	33,33%	0 %	0 %	33,33%	8,33%
prox. Scaphoid- Teilprothesen	3	4	11	1	1	0	1
	14,29%	19,05%	52,38%	4,76%	4,76%	0 %	4,76%

Tab. 9.2.5 Carpalinstabilitäten im Vergleich: Scaphoid-Vollprothesen und prox. -Teilprothesen

	<60°	60°-80°	>80°	nicht bestimmbar
Normalpersonen	12	0	0	
	100%	0%	0%	
Scaphoid- Vollprothesen	0	4	7	1
	0%	33,33%	58,33%	8,33%
prox. Scaphoid- Vollprothesen	5	11	4	1
	23,81%	52,38%	19,05%	4,76%

Tab. 9.2.6 SL-Winkel im Vergleich: Normalpersonen, Scaphoid-Vollprothesen und prox. Scaphoid-Teilprothesen

Gilula (43): <60° = normal
 60°-80° = verdächtig
 >80° = pathologisch

9.2.2 Versuch einer umfassenden Wertung des prothetischen Ersatzes

Von wesentlicher Bedeutung für den Erhalt bzw. die Wiederherstellung einer guten Handgelenksfunktion sowie geordneter Lagebeziehungen der Handwurzelknochen sind regelrechte Bandstrukturen zwischen den einzelnen Handwurzelknochen. In dieser Arbeit -bei Ersatz des Trapeziums, Scaphoids und Lunatums- ist auf die Bandstrukturen zu achten, die vom Scaphoid und vom Lunatum ausgehen. Hierbei gilt die besondere Aufmerksamkeit den Bändern zwischen Scaphoid und Trapezium einerseits und Scaphoid und Lunatum andererseits. Verbindungen beider Pole stabilisieren das Scaphoid in seiner Lage als "Verbindungsstange" zwischen prox. und dist. Handwurzelreihe, andererseits gewährleisten sie eine wohlgeordnete Verschiebewegung in dorsovolarer Richtung im Scaphoid-Trapezium-Gelenk und eine Rotations- oder Kippbewegung im Scaphoid-Lunatum-Gelenk. Dieses Gleichgewicht zwischen Stabilität und Beweglichkeit ist von eminenter Wichtigkeit für die an die Handwurzel gestellten Anforderungen. Gleitet diese eben geschilderte Beziehung aus dem Gleichgewicht, verlagert es sich infolge starrer Verankerung zugunsten der Stabilität oder infolge Bandverlustes zugunsten der Beweglichkeit, so hat dies Auswirkungen nicht nur auf die Funktion, sondern auch auf die Lagebeziehungen der umliegenden Carpalknochen, v.a. des Lunatums.

Beste funktionelle Ergebnisse zeigen die Patienten mit Trapezium-Vollprothesen (Tab. 9.2.1). Hier ist das Scaphoid und damit die meisten Bandverbindungen zu den umliegenden Handwurzelknochen erhalten. Lediglich unmittelbar zum Trapezium findet sich ein Verlust des Kapselbandapparates, was sich in einer gegenüber normal etwas eingeschränkten Bewegung in der Flexions- und Abduktions-ebene äußert. Wie wichtig ein möglichst gut und umfangreich erhaltener Bandapparat für die regelrechte Lage des Scaphoids und in der Folge auch des Lunatums ist, zeigt sich dort, wo im Rahmen eines Trapezium-Ersatzes auch ein Teil des dist. Scaphoids reseziert wurde. Hier muß das Scaphoid im Gegensatz zu den alleinigen Trapeziumprothesen der Bänder im dist. Teil entbehren, so daß das Scaphoid und in der Folge das Lunatum nach dorsal abgleitet. Ähnlich gute Ergebnisse bei einer ähnlichen Problematik zeigen Patienten mit Ersatz eines dist. Scaphoid-Anteils mit Verankerung im Trapezium oder im Trapezium und im prox. Scaphoid. Der Vorteil gegenüber den Scaphoid-Vollprothesen und prox. Teilprothesen besteht im völligen Erhalt scapholunärer Bandverbindungen. Nachteilig ist zunächst der Verlust des Scaphoid-Trapezium-Kapselband-Apparates, wie es sich auch bei den Trapezium-Vollprothesen zeigt. Bei kleinem distalen Ersatz kann das Gefüge zwischen Scaphoid und Trapezium zum Teil erhalten bzw. rekon-

struiert werden. Bei größerer Scaphoidresektion mit Verankerung der Prothese entweder im Trapezium oder zusätzlich im prox. Scaphoid dient die Prothese gewissermaßen als verlängertes Trapezium und bietet in beiden Fällen die Möglichkeit der Verschiebung und im Fall der bilateralen Verankerung zusätzlich eine gute Stabilität, was sich zum einen in einer guten Funktion bezüglich Flexionen und Abduktionen und zum andern in einer relativ guten Lagebeziehung äußert.

Die verminderte Stabilität zeigt sich indirekt an einer Dorsalkippung des Lunatums. Das Scaphoid ist in seiner Stabilität vermindert, in der Folge kann es das Lunatum an einer Dorsalrotation nicht mehr hindern, obgleich die SL-Bandverbindungen erhalten sind. Dies ist auch der Grund, warum das Scaphoid ebenfalls nach dorsal kippt im Sinne einer ZCI.

Dieser distale Scaphoid-Ersatz überbrückt den Nachteil der Bewegungslosigkeit der Vollprothesen, die ja bezüglich dorsovolarer Verschieblichkeit relativ fest im Trapezium verankert sind, und erlaubt dem prox. Scaphoid eine gewisse Beweglichkeit. Zusätzlich behält er jene SL-Bänder, die die Vollprothese entbehren muß.

Die prox. Teilprothese erleidet einen weitgehenden Verlust der SL-Verbindung bei erhaltener Scaphoid-Trapezium-Verknüpfung. Umgekehrt behält die distale Teilprothese im prox. Scaphoid-Bereich alle Bandverbindungen, insbesondere zum Lunatum. Zwischen Scaphoid und Trapezium sind zwar alle Bandverbindungen aufgehoben, der distale Anteil des Prothesen-Scaphoid-Komplexes, der besonders starken Kippbewegungen ausgesetzt ist, erhält durch seine Verankerung im Trapezium eine gute Stabilität. Beweglichkeit wird dadurch erreicht, daß einmal der Zapfen zementlos verankert ist und so kolbenartige Bewegungen zuläßt, zum anderen zwischen Prothese und prox. Scaphoid keine oder aber kolbenartige Verzapfung besteht. Die völlig erhaltene Beweglichkeit bei gleichzeitiger Stabilität im SL-Bereich verbunden mit einer gewissen Stabilität und guter Motilität im Scaphoid-Trapezium-Bereich schaffen die Voraussetzungen für das hervorragende funktionelle Verhalten.

Distale Scaphoid-Teilprothesen, die nur im erhaltenen prox. Scaphoid-Fragment verankert sind, zeigen überaus schlechte funktionelle Ergebnisse sowohl in Flexions- als auch Abduktionsbewegungen. Zudem induzieren sie Carpalinstabilitäten, SL-Dissoziationen und ZCI, obgleich die Prothesen hervorragend sitzen. Diese Art von Prothesenverankerung entbehrt im distalen Teil, also im Scaphoid-Trapezium-Bereich, gerade dort, wo das Scaphoid ausgiebigen Kipp- und Aufrichtebewegungen ausgesetzt ist, jeglicher Stabilität (siehe Kapitel 5.1.4

"Handwurzelmechanik"). Trotz unberührter SL-Verbindung zeigt, wie oben beschrieben, diese Art der Prothesenverankerung selbst schlechtere Ergebnisse als Scaphoid-Vollprothesen. Dies veranschaulicht, wie wichtig eine gewisse Stabilität im Scaphoid-Trapezium-Bereich ist. Ohne Stabilität vollziehen sich offenbar ungeordnete passive Bewegungen des Scaphoids, wodurch die Funktion der Handwurzel empfindlich eingeschränkt zu sein scheint.

Prox. Scaphoid-Teil und -Vollprothesen lenken das Problem der Stabilität auf den prox. Scaphoidpol, auf die SL-Bandverbindungen (Tab. 9.2.4 - 9.2.8). Der Vergleich der Ergebnisse von Patienten mit Scaphoid-Vollprothesen und solchen mit prox. Scaphoid-Teilersatz zeigt zunächst überraschenderweise, daß bezüglich der Gesamtbeweglichkeit der Handwurzel nur eine unbedeutend bessere Bewegung der prox. Teilprothesen festzustellen ist (Tab. 9.2.4 - 9.2.8). Hinsichtlich der Stabilität der Prothese sowie der Lagebeziehungen der Carpalknochen ergeben sich jedoch größere Differenzen: Die Scaphoid-Vollprothese ist erheblich stärker nach palmar gebeugt (SR 68,86°) als die Teilprothese (SR 53,75°), ebenso findet man eine weitaus höhere Dislokationstendenz (41,67 % : 19,05 %), eine größere Dorsalflexion des Lunatums 24,08° : 16,14° und schließlich mehr CI (81,82 % : 28,57 %), wie die Winkelmessungen verdeutlichen (Tab. 9.2.4 und 9.2.6).

Sowohl bei vollständiger als auch teilweiser, d.h. proximaler Resektion des Scaphoids findet man Beweise eines SL-Bandverlustes im Sinne einer Dorsalflexion des Lunatums bei gleichzeitiger SL-Dissoziation bzw. noch normalem SL-Winkel. Das Lunatum rotiert, seiner natürlichen Keilform entsprechend, nach dorsal (49). Unterschiede in dem Ausmaß der Dorsairotation finden ihre Erklärung darin, daß bei Vollprothesen jegliche Bänder zur Stabilisierung des Lunatums verloren sind, während vom distal erhaltenen Scaphoid wahrscheinlich gewisse Bänder erhalten sind, die dorsal oder palmar über das Lunatum hinweg zum Triquetrum oder zur Ulna ziehen, die zwar nicht direkt am Lunatum verankert sind, aber indirekt das Lunatum an einer allzuheftigen Dorsalrotation hindern.

Die erhaltenen Bänder im distalen Scaphoidbereich finden ihr Korrelat in den nahezu regelrechten SR-Winkeln, die die Lage des Scaphoids definieren (Tab. 9.2.7).

Die Vollprothese entbehrt noch stärker der Stabilität im SL-Bereich. Neben dem direkten SL-Bandverlust sind keine Bänder von Seiten des ehemaligen Sca-

phoids vorhanden, die das Lunatum noch irgendwie stabilisieren. Dies zeigt sich an der im Vergleich zu den prox. Teilprothesen stärkeren Dorsalflexion des Lunatums (Tab. 9.2.7). Zudem ist der SR-Winkel pathologisch, d.h. die Prothese ist nach palmar gebeugt, da die Vollprothese nirgends im Gegensatz zur Teilprothese in ihrem Bett stabilisiert ist.

Umgekehrt zur absoluten Instabilität im prox. Bereich findet man durch den vielzitierten intramedullären Zapfen im Trapezium eine relativ starre Scaphoid-Trapezium-Verknüpfung, so daß keine für Flexion und Abduktion wichtige Verschiebung in dorsovolarer Richtung möglich ist. Während also bei prox. Teilprothesen im distalen Bereich regelrechte Beziehungen vorliegen und die Prothesen-Lunatum-Dissoziation indirekt, wie oben beschrieben, etwas beschränkt wird, ist bei Vollprothesen im prox. Bereich eine völlige Dissoziation zum Lunatum und im distalen Bereich eine relativ feste Verknüpfung vorzufinden. Dies zeigt sich im SL/SC-Quotienten, der bei Vollprothesen wesentlich stärker zugunsten des SL verschoben ist (2,51) als bei den prox. Teilprothesen (1,63), normal 0,85 (Tab. 9.2.8).

Die bei den Vollprothesen nahezu verhinderte, v.a. für die Abduktion notwendige Verschiebung in dorsovolarer Richtung im Scaphoid-Trapezium-Bereich, zeichnet sich in den Abduktionsmessungen dadurch ab, daß diese bei Vollprothesen mehr zugunsten der Ulnarbewegung verschoben ist, als bei den Teilprothesen. Beide zeigen jedoch eine Verschiebung zugunsten der Ulnarbewegung. Besser schneiden hier die Trapezium- und distalen Scaphoid-Teilprothesen ab, wo die Kippbewegungen des Scaphoids besser möglich sind (Tab. 9.2.1 und 9.2.7).

Obgleich wie oben erwähnt bezüglich der Gesamtbeweglichkeit in der Handwurzel erstaunlich wenig Unterschiede zwischen prox. Teilprothese und Vollprothese bestehen (Tab. 9.2.7), sind die Auswirkungen einer Vollprothese auf das Handwurzelknochengefüge wesentlich größer als bei prox. Teilprothesen, was sich an der Dorsalflexion des Lunatums, den Dislokationen und den CI zeigt. Es scheint demnach durchaus angebracht, vor einer Vollprothesenimplantation eine prox. Teilprothesenimplantation zu versuchen, denn Lageveränderungen in der Handwurzel bewirken arthrotische Veränderungen, wie man anhand der bei Vollprothesen vermehrt vorzufindenden Lunatumexostosen sieht. Es ist zu versuchen, Lageveränderungen und somit arthrotische Veränderungen so weit wie möglich einzudämmen, denn Arthrose bewirkt Schmerzen und Bewegungseinschränkungen. Spätere Nachuntersuchungen müssen zeigen, ob die, bei den Vollprothesen eher zu erwartenden, arthrotischen Veränderungen in der Handwurzel nach längerer

	RC-Bewegung		Flexion		Extension		RC		MC		RL-Bewegung		✗ RL	✗ SL	✗ SR
	RC	≤ MC	RC	: MC	RC	: MC	Flexion:Extension		Flexion:Extension		R	≤ U	in N.N.	in N.N.	in N.N.
Normalpersonen n=12	165,58° 61°	104,85° 36,79%	29° 57,75°		32° 46,83°		47,54% : 52,46%		55,22% : 44,78%		62,92° 23,17°	39,75° 36,82%	1,17° 49,08°		50,33°
Scapoid-1011- prothesen n=12	80,42° 26,67°	52,92° 33,16%	18,7° 17°		4,5° 34,7°		80,6% : 19,4%		32,88% : 67,12%		32,5° 9,58°	23° 29,23%	24,08° 91,86°		68,86°
%-Einschränkung	51,43%										48,35%				
Prox. Scapoid- Teilprothesen n=21	87,76° 27,67°	60,19° 31,53%	20,74° 22,79°		8,21° 35,11°		71,64% : 28,36%		39,36% : 60,64%		37,05° 11,71°	25,33° 34,93%	16,14° 70,15°		53,75°
%-Einschränkung	46,99%										41,12%				

Tab. 9.2.7 Verteilung der Bewegung auf Radiocarpal- und Mediocarpalgelenk im Vergleich
Verteilung der Bewegung auf Radial- und Ulnarabduktion im Vergleich

	SL-Bewegung	SC-Bewegung	SL + SC	SL : SC	SL-Bewegung Flexion	SL-Bewegung Extension	SC-Bewegung Flexion	SC-Bewegung Extension
Normal- personen n=12	47,50° 45,86%	56,08° 54,14%	103,58° 100%	0,85	24,42°	23,08°	33,5°	22,58°
	100 %	100 %	100 %					
Scaphoid- Vollpro- thesen n=12	38° 71,51%	15,14° 28,49%	53,14° 100%	2,51	20°	21,5°	8°	13,33°
	20 %	73 %	48,7 %					
prox. Sca- phoid-Teil- prothesen n=21	37,9° 61,98%	23,25° 38,02%	61,15°	1,63	12,89°	24°	14,64°	13,72°
	20,21 %	58,54 %	40,96 %					

Anmerkung: Bei den Prothesenträgern entspricht die Summe der Einzelbewegungen bei Flexion und Extension nicht der Gesamtbewegung beispielsweise der SL-Winkel. Dies ist darauf zurückzuführen, daß bei der Gesamtbewegungsmessung -im Ggs. zur Einzelbewegungsmessung- auch die Patienten berücksichtigt werden konnten, bei denen keine regelrechte Neutralaufnahme vorlag.

Tab. 9.2.8 Verteilung der Gesamtbewegung auf SL- und SC-Bewegung im Vergleich: Normalpersonen, Scaphoid-Vollprothesen und proximale Scaphoid-Teilprothesen.

Implantationsdauer die Funktion stärker einschränken als bei prox. Teilprothesen.

Die Lunatum-Vollprothese weist einerseits mit die schlechtesten funktionellen Ergebnisse auf, andererseits ergeben sich große Probleme bezüglich seiner Lage. Das Scaphoid behält bis auf die SL-Verbindungen sämtliche Bänder, die es in seiner Lage stabilisieren, was sich in dem im wesentlichen normalen SR-Winkeln äußert (Tab. 9.2.2). Während bei den bisher besprochenen Prothesen das Lunatum stets nur in einer Richtung, nach dorsal rotiert, findet man hier eine Rotation

der Prothese sowohl nach dorsal als auch nach palmar. Die Tatsache, daß das Lunatum bei anderen Prothesen nur nach dorsal rotiert, ist darauf zurückzuführen, daß neben dem Verlust der SL-Bänder andere Bänder, die am Lunatum inserieren, erhalten bleiben, z.B. zwischen Lunatum und Triquetrum (siehe Kapitel 5.1 "Anatomie und Mechanik"). Bei den Lunatumphrothesen ist die Prothese lediglich mittels Zapfen im Triquetrum verankert. Eine Palmarflexion des Lunatums liegt nach Gilula (43) dann vor, wenn volare Kapsel und Bänder im Lunatum-Capitatum-Bereich gerissen sind, während Taleisnik (96) im Einklang mit anderen Autoren eine Verletzung des volaren Lunatum-Triquetrum-Bandes und der Zwischenknochenbänder diskutiert. Im Fall der Implantation einer Lunatum-Vollprothese liegen beide Arten von Bandverletzungen gleichzeitig vor, so daß nicht unterschieden werden kann, welche Auffassung richtig ist. Die Prothese ist der stabilisierenden Bänder beraubt, sie kippt entweder nach palmar oder nach dorsal, jedesmal resultiert ein Zusammenbruch der Längskette aus Radius-Lunatum-Capitatum in eine "zig-zag"-Deformität mit unterschiedlicher Wanderung des Capitatus. Diese Deformität ist wesentlich an der ganz erheblichen Funktionseinschränkung beteiligt.

Die Diskussion zeigt, daß der prothetische Ersatz mit vielerlei Problemen hinsichtlich Funktion und Lagebeziehung behaftet ist. Es gilt bei der Implantation soviel Bandverbindungen wie möglich zu erhalten bzw. deren Funktion soweit wie möglich nachzubilden. Sehr kleine Prothesen, wie Häubchenprothesen, sowie Prothesen, die außerhalb der für die Handwurzelfunktion zentralen Knochen wie Lunatum oder Scaphoid liegen, zeigen die besten funktionellen Ergebnisse. Dann folgen dist. Scaphoid-Teilprothesen mit Verankerung im Trapezium oder bilateral, die am ehesten die funktionellen Bandverbindungen nachahmen. Schlechter sind die prox. Teilprothesen, aber bezüglich der Lagebeziehungen besser, als die Vollprothesen. Am schlechtesten zeigen sich dist. Scaphoid-Teilprothesen mit Verankerung im prox. Scaphoidrest, die distal keinerlei Stabilität erhalten. Ebenso wenig scheinen sich Lunatum-Vollprothesen zu bewähren, die der wichtigen Aufgabe als "Meniskus" zwischen Unterarm und Hand nicht gerecht werden.

Durch haltlose Palmar- und Dorsalflexion rufen sie eine der Handwurzelfunktion abträgliche "zig-zag"-Deformität hervor.

10. Zusammenfassung:

Korrelation von klinischer und radiologischer Auswertung

Läßt man die Ergebnisse der radiologischen Beurteilung bezüglich Funktion, Topographie der Handwurzelknochen, Veränderungen der Knochenstruktur und deren Diskussion Revue passieren, so sind -wie ausführlich dargelegt- gewisse Tendenzen und Wertungen im Verhalten der einzelnen Prothesen festzustellen. Gleichwohl interessiert den Kliniker natürlich neben den objektiveren radiologischen Messungen und Aussagen die klinische Beurteilung der Hand eines Prothesenträgers. Für den Patienten sind wichtige Kriterien Schmerzintensität, subjektiver Vergleich von prä- und postoperativen Schmerz- und Funktionszuständen.

Anhand der Ergebnisse der Dissertation von Sabine Vogt (102), die sich mit demselben Patientengut im Hinblick auf klinische Kriterien beschäftigt hat, wird kurz erläutert, inwiefern zwischen radiologischer und klinischer Auswertung eine Korrelation festzustellen ist und wo eventuell voneinander abweichende Ergebnisse zu finden sind.

10.1 FUNKTIONSEINSCHRÄNKUNG

In der folgenden Tabelle 10.1 sind die Einschränkungen der Bewegungen in der Dorsal-Volar -sowie in der Radial-Ulnar- Richtung angegeben, die sich bei der radiologischen Auswertung einerseits und bei der klinischen andererseits ergeben haben. Dabei ist zu berücksichtigen, daß der radiologischen Berechnung ein Kollektiv gesunder Normalpersonen -zum Bezug auf die Winkelwerte zugrunde liegt, während die klinische Auswertung die operierte der nicht betroffenen Hand des Patienten gegenüberstellt.

	Funktionseinschränkung in %			
	RC - Bewegung radiol. klinisch		RU - Bewegung radiol. klinisch	
Scaphoid-Vollprothesen	51,43	32	48,35	30
prox. Scaphoid-Teilprothesen	46,99	21	41,12	26
dist. Scaphoid-Teilprothesen				
im Trapezium	25,11	24	34,31	16
im Trap. + Scaphoid	17,86	30	12,59	30
im prox. Scaphoid	61,65	40/36 2)	59,47	88/29 2)
dist. Scaphoid-Häubchenprot.	37,79	29	47,55	39
Lunatum-Vollprothesen	59,05	42	44,06	46
Lunatum-Häubchenprothesen	17,86	7	-3,31 1)	11
Trapezium-Vollprothesen	26,32	13	29,67	12

1) = Funktionsverbesserung um 3,31 %

2) = Beide Einschränkungen werden angegeben, da eine Mittelwertangabe wegen der differenten Werte uninteressant ist.

Tab. 10.1. Vergleich von radiologisch und klinisch bestimmter Funktionseinschränkung bei Flexions- und Abduktionsbewegung.

● RC-Bewegung

Mit den radiologischen Berechnungen übereinstimmend zeigt die Klinik neben der Lunatum-Häubchenprothese bei den Trapezium-Vollprothesen die geringste Einschränkung, gefolgt von den Scaphoid-Prothesen. Am schlechtesten schneidet auch hier die Lunatum-Vollprothese ab.

Etwas abweichende Beurteilungen ergeben sich bei genauerer Differenzierung der Scaphoid-Prothesen. Während eine Korrelation zwischen Klinik und Radiologie dahingehend festzustellen ist, daß Scaphoid-Vollprothesen und dist. Scaphoid-Teilprothesen mit Verankerung im prox. Scaphoid am schlechtesten abschneiden, zeigen sich bezüglich der übrigen Teilprothesen abweichende Verhältnisse. Nach radiologischer Beurteilung weist die distale Teilprothese mit Verankerung sowohl im prox. Scaphoid-Fragment als auch im Trapezium die geringste Funktionseinschränkung auf, gefolgt von der distalen Teilprothese mit Verankerung im Trapezium. Die prox. Teilprothesen sind in ihrer Funktion demgegenüber am stärksten eingeschränkt. Die klinischen Messungen ergeben umgekehrte Verhältnisse: Die prox. Scaphoid-Teilprothesen zeigen das kleinste Bewegungsdefizit, gefolgt von dist. Teilprothese mit Verankerung im Trapezium und mit bilateraler Befeh-

stigung.

● RU-Bewegung

Bezüglich der Bewegungseinschränkungen in der Abduktionsebene gilt die gleiche Beurteilung hinsichtlich der Reihenfolge wie im vorangegangenen Abschnitt über die RC-Bewegung ausführlich dargelegt.

Zusammenfassung

Die absoluten Werte der prozentualen Einschränkung der Funktion sind bei der klinischen Berechnung mit Ausnahme der dist. Scaphoid-Teilprothese mit bilateraler Verankerung stets kleiner als bei der radiologischen Auswertung. Bezüglich der Reihenfolge der Werte innerhalb der beiden Arbeiten bleibt festzuhalten, daß im Allgemeinen eine enge Korrelation zwischen der radiologisch und klinisch erarbeiteten Wertung besteht. Auffällig ist, daß in beiden Arbeiten neben den Häubchenprothesen die Trapezium-Vollprothesen am wenigsten zu einer Funktionsbeeinträchtigung führen und die Lunatum-Vollprothesen am schlechtesten abschneiden.

Dazwischen liegen die Scaphoid-Teilprothesen, die etwas besser sind als Scaphoid-Vollprothesen und dist. Teilprothesen mit Verankerung im prox. Scaphoid.

10.2 KLINISCHE BESCHWERDEN - RÖNTGENOLOGISCH SICHTBARE DISLOKATION

Tabelle 10.2 soll zeigen, ob sich bei den einzelnen Prothesenträgern eine -durchaus zu erwartende- Korrelation zwischen Dislokation der Prothese und klinischen Beschwerden wie Schmerz und Kraftlosigkeit sowie radiologisch gemessenen Bewegungseinschränkungen ergibt.

● Funktionseinschränkung

Anhand der aufgeführten Patienten, bei denen radiologisch eine Dislokation der Prothese festzustellen war, erkennt man hinsichtlich der Funktion keine Korrelation zwischen Sitz der Prothese und Funktionseinschränkung. Die einzelnen Werte schwanken um den Mittelwert, der für alle Patienten einer Prothesengruppe errechnet wurde (vergleiche Tab. 10.1). So findet man, bestenfalls mit Ausnahme der Lunatum-Vollprothesen, sowohl Funktionseinschränkungen, die weit unter dem Durchschnitt liegen, als auch solche, die ein größeres Bewegungsdefizit zeigen.

● Schmerz und Kraftlosigkeit

Auch die aus der klinischen Arbeit (102) entnommenen Werte für Schmerzintensität und Kraftlosigkeit ergeben keine erkennbare Beziehung zum Prothesensitz, sondern weisen eine Variationsbreite vom schmerzfreien Zustand bis zu starken Schmerzen einerseits und Kraftlosigkeit "ja" und "nein" andererseits auf.

● Subjektives Gesamturteil

Zieht man schließlich das subjektive Gesamturteil in die Betrachtung mit ein, so findet man eine bunte Palette von Aussagen der Patienten, die von "mit der Operation sehr zufrieden" über "zufrieden" bis "nicht zufrieden" reichen (102).

Zusammenfassung

Es bleibt festzuhalten, daß eine größere Veränderung im Sitz der Prothese, was ja eine Dislokation bedeutet, entgegen einer möglichen Überlegung weder korreliert mit objektiv gemessenen Funktionseinschränkungen noch mit klinischen Kriterien und dem subjektiven Empfinden des Patienten.

PROTHESE	NAME	DISLO- KATION	FUNKTIONSEINSCHRÄNKUNG (radiologisch) RC-BEWEGUNG RU-BEWEGUNG		SCHMERZEN	KRAFTSLOSIG- KEIT	SUBJEKTIVES* GESAMTURTEIL
Scaphoid-Vollprothese	B.M.	X	68,60 %	49,14 %	mäßig	nein	2/III
	C.D.	X	27,53 %	63,45 %	leicht	ja	1/I
	F.B.	X	48,06 %	18,94 %	keine	ja	1/I
	G.K.	X	40,21 %	45,96 %	stark	ja	3/AU-NU
	H.H.	X	48,06 %	34,84 %	leicht	nein	2/I
prox. Scaphoid-Teilprothese	B.J.	X	50,48 %	50,73 %	stark	ja	2/II
	G.J.	X	37,79 %	23,71 %	leicht	ja	1/I
	R.M.	X	60,14 %	44,37 %	stark	ja	2/-
	S.A.	X	19,68 %	14,18 %	keine	nein	1/I
dist. Scaphoid Teilprothese im Trapezium	M.K.	X	39,0 %	45,96 %	keine		1/I
	S.V.	X	27,53 %	28,48 %	mäßig		1/I
Lunatum-Vollprothese	B.F.	X	71,61 %	47,55 %	stark		3/III
	F.C.	X	59,54 %	22,12 %	mäßig		1/-
	R.H.	X	75,84 %	52,32 %	stark		2/-
Trapezium-Vollprothese	K.A.	X	25,72 %	25,30 %	mäßig		1/-

Tab. 10.2 Gegenüberstellung von dislozierten Prothesen und Funktionseinschränkung, Schmerz, Kraftlosigkeit und subjektiver Zufriedenheit des Patienten.

* subjektives Gesamturteil: 1 = sehr zufrieden
(aus: S. Vogt 102)

I = volle Erwerbsfähigkeit
II = Erwerbsfähigkeit mit Beeinträchtigung
III = Schonung der Hand im Beruf - nur leichte Arbeit möglich

AU-NU = noch arbeitsfähig bei der Nachuntersuchung

- = zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung arbeitsunfähig oder bereits berentet

10.3 DISKUSSION DES VERGLEICHES VON KLINISCHEN UND RADIOLOGISCHEN ERGEBNISSEN

Beim Vergleich der klinischen und der am Röntgenbild gemessenen Winkelausschläge ist festzustellen, daß eine weitgehende Übereinstimmung bei den verschiedenen Prothesenanwendungen wie Scaphoid-Vollprothesen, prox. und dist. Scaphoid-Teilprothesen, Lunatum-Vollprothesen und Trapezium-Vollprothesen besteht.

Bei den absoluten Werten zeigen sich Differenzen, deren Ursache in folgenden Begebenheiten zu sehen ist:

- Unterschiedliche Technik und Winkelbestimmung
- Unterschiedliche Bezugswerte
- Darunter versteht man den Unterschied der Winkelbestimmung am Röntgenbild bzw. am Patienten. Während nämlich bei der radiologischen Auswertung die Hand mittels eines Gerätes, das stets annähernd gleichen Druck ausübt, in die jeweilige Winkelstellung gebracht wird, mißt man bei der klinischen Untersuchung nach der Neutral-Null-Methode aktiv die Hand. Zusätzlich entfällt bei der Winkelbestimmung am Röntgenbild der Einfluß der Weichteile, der die klinische Winkelbestimmung erschwert.
- Bei der radiologischen Arbeit werden gesunde Normalpersonen, bei der klinischen Arbeit die nicht betroffene Hand des Patienten als "Bezugs-" oder "Vergleichspunkt" herangezogen.

Wie erwähnt, ist der Befund einer mehr oder weniger dislozierten Prothese nicht gleichbedeutend mit Funktionseinschränkung, Schmerz und subjektiven Mißempfinden des Patienten. Zwischen den einzelnen Parametern lassen sich keine Korrelation aufbauen. Für die Erklärung dieses Ergebnisses kommen mehrere Möglichkeiten in Frage: Zum einen ist es durchaus möglich, daß Dislokationen, welche noch nicht lange bestehen, erst im Laufe der Zeit symptomatisch werden, sei es durch Entwicklung sekundärer Arthrosen in den angrenzenden Knochenstrukturen oder im gesamten Handgelenk infolge Verschiebung des Handwurzelgefüges. Zum andern bestehen bezüglich Schmerzempfinden und subjektiver Beurteilung natürlich starke nicht zu vernachlässigende individuelle Unterschiede.

Im Vergleich zwischen der radiologisch orientierten Arbeit und der klinischen Auswertung bleibt festzuhalten, daß beide Methoden nicht in Konkurrenz zueinander stehen, sondern einander ergänzen.

Für die Zufriedenheit des Patienten ist in erster Linie Schmerzbeseitigung und seiner Erwartung entsprechende Funktionsbesserung wichtig, der Sitz der Prothese und das Spiel der Handwurzelknochen sind von sekundärer Bedeutung. Hierbei darf jedoch nicht vergessen werden, daß die Patienten spätestens 4 1/2 Jahre nach der Operation nachuntersucht und somit Veränderungen im Handwurzelgefüge wie sekundäre Arthrose noch nicht voll wirksam geworden sind.

Nachuntersuchungen zu einem späteren Zeitpunkt müssen zeigen, inwiefern sich gut sitzende oder mehr oder weniger dislozierte Prothesen auf das Handwurzelgefüge verändernd auswirken werden. Vielleicht ergibt sich dann eine engere Korrelation zwischen klinischen und radiologischen Parametern.

Zur objektiven Verlaufskontrolle des Operationsergebnisses sind standardisierte gehaltene Röntgenaufnahmen geeignet, die sich dem subjektiven Einfluß des Patienten weitgehend entziehen.

Für den Kliniker wird für das weitere therapeutische Vorgehen in erster Linie die Zufriedenheit oder die Klagen und Beschwerden des Patienten von tragender Bedeutung sein. Er darf sich niemals dafür hergeben, Röntgenbilder zu behandeln. Der Radiologe hingegen muß dem Kliniker eine objektive, reproduzierbare und mit früheren Befunden zu vergleichende Beurteilung der prä- und postoperativen topographischen und funktionellen Handwurzelverhältnisse anbieten, um ihm dabei zu helfen, die allzumenschliche subjektive Wertung zu relativieren.

ABKÜRZUNGEN

a.	=	arteria
Abb.	=	Abbildung
C	=	Capitatum
CI	=	Carpalinstabilität
DISI	=	dorsiflexed intercalated segment instability
dist.	=	distal
HG	=	Handgelenk
L	=	Lunatum
lig.	=	ligamentum
m.	=	musculus
MC	=	os metacarpale
n.	=	nervus
P.	=	Prothese
PA	=	Pseudarthrose
P.A.-Aufnahme	=	Röntgenaufnahme im posteroanterioren Strahlengang
PISI	=	palmarflexed intercalated segment instability
proc. styl. radii	=	processus styloideus radii
R	=	Radius
RÖ	=	Röntgenaufnahme
prox.	=	proximal
S	=	Scaphoideum
SC-Diastase	=	Scaphoid-Capitatum-Diastase
seitl. Aufnahme	=	Röntgenaufnahme im seitlichen Strahlengang
SL-Diss.	=	Scapholunäre Dissoziation
STT-Gelenk	=	Scaphoid-Trapezium-Trapezoideum-Gelenk
Tab.	=	Tabelle
ZCI	=	Zentrale Carpalinstabilität

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. Aalam M: Behandlung der frischen Kahnbeinbrüche und Kahnbeinpseudarthrosen. Dtsch Med Wschr 99: 296-299, 1974
2. Amadio PC, et al.: Silicone spacer or tendon spacer for trapezium resection arthroplasty - Comparison of results. J Hand Surg 7 (3): 237-244, 1982
3. Andreesen R: Entstehung, Begutachtung und Behandlung der Kahnbeinpseudarthrose der Hand. Langenbecks Arch klin Chir 309: 56-62, 1965
4. Aptekar RG, et al.: Foreign body reaction to silicone rubber. Clin Orthop 98: 231-232, 1974
5. Beck E: Zur operativen Behandlung der Lunatummalacie. Mschr Unfallheilk 73: 75-82, 1970
6. Benninghoff A: Form und Bau der Gelenkknorpel in ihren Beziehungen zur Funktion. Z Anat Entwicklungsgesch 76 (43), 1925
7. Benninghoff A: Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 7. Aufl., Bd. 1; Goerttler K (Hrsg.), München Urban und Schwarzenberg 1960
8. Bischofberger R: Die GSB-Endoprothese des Handgelenks. Z Orthop 113: 473-476, 1975
9. Böhler L: Die Verhütung der Pseudarthrosen. Hefte Unfallheilkunde 94: 77-82, 1968
10. Brown Crosby E, et al.: Scaphotrapezial trapezoidal arthrosis. J Hand Surg 3 (3): 223-234, 1978
11. Bröchle H: Zur Behandlung der Kahnbeinpseudarthrose. Handchirurgie 7: 121-124, 1975

12. Buck-Gramcko D: Behandlung der Kahnbeinpseudarthrose. *Aktuel Probl Chir Orthop* 6: 69-72, 1977
13. Buck-Gramcko D: Die operative Behandlung der Kahnbeinpseudarthrose. *Z Orthop* 103: 273-279, 1967
14. Buck-Gramcko D: Discussional comments and recommendations of all participants on pseudarthroses of carpal bones. *Aktuel Probl Chir Orthop* 6: 95-96, 1977
15. Carstensen E, Reichel F, Schlüter O: Ursachen der Kahnbeinpseudarthrose. *Bruns Beitr Klin Chir* 204: 115-124, 1962
16. Cotta H: Orthopädie. 3. Aufl. 1982, 153 ff
Thieme Verlag Stuttgart, New York
17. Cotta H: Pathophysiologie des Knorpelschadens. Experimentelle Untersuchung und Schlußfolgerung für die Praxis. *Langenbecks Arch Chir* 345: 415-422, 1977
18. Cotta H, Niethard U: Biomechanische und biochemische Grundlagen der Entstehung einer posttraumatischen Arthrose. *Chirurg* 50: 595-598, 1979
19. Courtney JM, Gilchrist T: Silicone rubber an natural rubber as biomaterials. *Med Biol Eng Comput* 18: 538-540, 1980
20. Dow Corning, International, LTD., Chaussée de la Hulpe 154, 1170 Brussels, Belgium
Multangulum-maius-Implantat aus SILASTIC. Merkblatt: EUR 51-249-03, 12-1976
21. Dow Corning: SILASTIC - Condylen-Implantat HP, Ref 51-104-03
22. Dow Corning: SILASTIC - Kahnbein-Implantat HP. Merkblatt: EUR 51-287-03, 12-1977

23. Dow Corning: SILASTIC - Os lunatum-Implantat HP. Merkblatt: EUR 51-286-03, 1-1977
24. Dow Corning: SILASTIC - Trapezium-Implantat HP (nach Ashworth-Blatt) Ref 51-103-03
25. Dow Corning: Stabilisierungstechniken für Karpalimplantate. Ref 51-114-03
26. Eberle H: Unsere Erfahrungen mit der Spongiosaplastik nach Matti-Russe bei Naviculare-Pseudarthrosen. Z Unfallmed Berufskr 67: 79-85, 1974
27. Edelhoff J: Lunatummalacie und Konstitution. Mschr Unfallheilk 58: 174-181, 1954
28. Eder M, Gedigk P: Lehrbuch der allgemeinen Pathologie und pathologischen Anatomie. Springer 1977, 746 ff
29. Ender HG: Zur Behandlung von veralteten Brüchen und Pseudarthrosen des Kahnbeins mit der Kahnbeinplatte. Unfallheilkunde 80: 509-513, 1977
30. Erlacher P: Über die Styloidektomie zur Behandlung veralteter Kahnbeinbrüche und Pseudarthrosen der Hand. Arch Orthop Unfallchir 51: 523-526, 1960
31. Fasol P, Munk P, Strickner M: Blutgefäßversorgung des Handkahnbeins. Acta Anat 100 (1): 27-33, 1978
32. Fasol P, Munk P, Strickner M: Zur Entstehung der Pseudarthrose des Handkahnbeins. Chir Praxis 22: 513-518, 1977
33. Fassbender HG: Strukturelle Grundlagen und Pathomechanismen von Arthritis und Arthrose. Dtsch Med Wschr 105: 864-867, 1980
34. Feldmeier Ch: Gelenkflächenersatz mit Silikon-Kautschuk. W. Zuckschwerdt München, Bern, Wien 1983

35. Feldmeier Ch: Prothesen an der Handwurzel. Munch Med Wschr 125 (8): 141-144, 1983
36. Feldmeier Ch, Wilhelm K: Ideen zum Modell individueller Handgelenksprothesen. Munch Med Wschr 123 (16): 663-664, 1981
37. Feldmeier Ch, Wilhelm K: Teilersatz des Kahnbeines mit Silikon-Kautschuk-Prothese bei nekrotischem Fragment. Munch Med Wschr 123 (27): 1117-1118, 1981
38. Fick R: Handbuch der Anatomie und Mechanik der Gelenke in: Handbuch der Anatomie des Menschen. Bardeleben Kv (Hrsg.), Bd. 2, 1. Abt., 1. Teil. Jena: Fischer 1904
39. Fleischer H: Die autoplastische Spongiosaeinpflanzung bei Kahnbeinpseudarthrosen. Langenbecks Arch Klin Chir 309: 68-72, 1965
40. Frick H, Leonhardt H, Stark D: Taschenbuch der gesamten Anatomie. Bd. 1 Georg Thieme Verlag, Stuttgart 1977
41. Gay B: Distorsion of the wrist joint. Chirurg 52 (5): 293-296, May 1981
42. Giesecking H: Die Spaltbildung im Kahnbein als posttraumatische Pseudarthrose. Fortschr Röntgenstr 74: 596-597, 1951
43. Gilula LA, Weeks PM: Post-traumatic ligamentous instabilities of the wrist. Radiology 129: 641-651, December 1978
44. Gordon M, et al.: Synovial and Osseous Inflammation in Failed Silicone-Rubber Prostheses. J Bone Joint Surg 64-A (4): 574-580, 1982
45. Graner O: Arthrodesis of the carpal bones in the treatment of Kienböck's disease. J Bone Joint Surg 48-A (4): 767-774, 1966
46. Grashey R, Birkner R: Atlas typischer Röntgenbilder vom normalen Menschen. 10. Aufl. Urban und Schwarzenberg, München, 1964
47. Hauer G, Wilhelm K, Hörmann K: Über die Behandlung von Pseudarthrosen des Os naviculare der Hand mit Hilfe der kleinen Spongiosa-schraube der A0. Arch Orthop Unfallchir 78: 70-81, 1974

48. Henckel V, Donnersmarck G: Biomechanische und klinische Untersuchungen zur transnaviculo-lunären Resektionsarthroplastik nach Steinhäuser. Arch Orthop Unfallchir 84: 129-148, 1976
49. Kauer JM: Funktional anatomy of the wrist. Clin Orthop 149: 9-20, Jun 1980
50. Koob E: Alloplastischer Mondbeinersatz. Aktuell Probl Chir Orthop 6: 60-66, 1977
51. Koob E: Die Mondbeinnekrose. Aktuell Probl Chir Orthop 6: 77-84, 1977
52. Kovalkovits I, Ficzer O: Habitual scapholunar dissociation. Chirurg 48 (7): 428-430, Jul 1977
53. Kraus W, Lechner F: Die Heilung von Pseudarthrosen Spontanfrakturen durch strukturbildende elektrodynamische Potentiale. Munch Med Wschr 114 (42): 1814-1819, 1972
54. Krayenbühl ChU: Zur operativen Behandlung der Naviculare-Pseudarthrose nach Matti-Russe. Z Unfallmed Berufskr 64: 126-139, 1971
55. Kroener D: Die Anwendung von Kirschnerdrähten bei Frakturen und Pseudarthrosen des Kahnbeins. Mschr Unfallheilk 74: 187-192, 1971
56. Krösl W: Die Styloidektomie als Palliativoperation der Kahnbeinpseudarthrose. Arch Orthop Unfallchir 52: 32-36, 1960
57. Lanz Tv, Wachsmut W: Praktische Anatomie, Bd. 1, Teil 3 Arm, 2. Aufl., Springer Berlin, Göttingen, Heidelberg
58. Ledermann A, Burckhardt A, Willenegger H: Zur Technik der Navikulareverschraubung. Z Unfallmed Berufskr 67: 75-78, 1974
59. Linscheid RL, Dobyns JH, Beabout JW, Bryan RS: Traumatic Instability of the Wrist. J Bone Joint Surg 54-A: 1612-1632, 1972
60. Lissner J: Radiologie II, 2. Aufl., 1983 Enke Verlag Stuttgart

61. Lister GD, et al.: Arthritis of the Trapezial Articulations treated by Prosthetic Replacement. The Hand 9 (2): 117-129, 1977
62. Löscher GM: Biomechanics of the wrist joint. Chirurg 52 (5): 289-292, 1980
63. Lützel H: Die Entstehung der Pseudarthrose nach Bruch des Kahnbeins der Hand. Dtsch Zschr Chir 450-467, 1932
64. Martini AK, Schumacher G: Kritische Studie zur operativen Behandlung der Scaphoidpseudarthrose. Arch Orthop Trauma Surg 93: 265-271, 1979
65. Mayer R, Wilhelm K, Stäbler A, Pfeifer KJ: Radiologische Funktionsdiagnostik am Handgelenk. Vortrag, 64. Deutscher Röntgenkongreß, 16. - 18. Juni 1983, Hannover
66. Mayer R, Wilhelm K, Stäbler A, Pfeifer KJ: Radiologische Funktionsdiagnostik an den Gelenken der Hand. Wiss. Ausstellung, 64. Deutscher Röntgenkongreß, 16. - 18. Juni 1983
67. Mayer R, Wilhelm K, Pfeifer KJ: Standardisierte Handgelenksdiagnostik. Wiss. Ausstellung, Bayerischer Röntgenkongreß, 4. - 6. Mai 1984, Deggendorf
68. Meuli HCh: Alloarthroplastik des Handgelenks. Z Orthop 113: 476-478, 1975
69. Meuli HCh: Arthroplastik des Handgelenks. Orthopäde 9: 150-157, 1980
70. Meuli HCh: Totalendoprothese für das Handgelenk nach Meuli. Aktuell Probl Chir Orthop 2: 49-57, 1977
71. Mohr W: Zur Pathogenese der entzündlichen Knorpelzerstörung bei der chronischen Polyarthrit. Dtsch Med Wschr 105: 868-872, 1980
72. Müller W: Pathogenese der Arthrose. Ther Umschau 35: 147, 1978 in: programmed^R, Bd. 1, 1979

73. Nahigian SH: The dorsal flap arthroplasty in the treatment of Kienböck's disease. J Bone Joint Surg 52-A: 245-251, 1970
74. Nalbandian RM: Synovitis and lymphadenopathy in silicone arthroplasty implants. J Bone Joint Surg 65-A: 280-281, 1983
75. Perschl A: Behandlung und Behandlungsergebnisse perilunärer dorsaler Verrenkungen und der Verrenkungen des Mondbeins nach volar. Ergebn Chir Orthop 35: 437-517, 1949
76. Pfeiffer KM: Lunatummalazie. Z Unfallmed Berufskr 67: 88-95, 1974
77. Reding R, et al.: Beitrag zur Gefäßversorgung des Os naviculare manus. Mschr Unfallheilk 68: 301-307, 1965
78. Reill P: Denervierung des Handgelenkes. Aktuel Probl Chir Orthop 2: 67-71, 1977
79. Reimann R: Anatomy of the middle hand and finger joints. Hefte Unfallheilkd 141: 1-11, 1980
80. Riess J: Neue Erkenntnisse in der Behandlung der Kahnbeinbrüche der Hand. Mschr Unfallheilk 70: 457-464, 1967
81. Russe O: Fracture of the carpal naviculare. Diagnosis, nonoperative treatment and operative treatment. J Bone Joint Surg 42-A: 759-768, 1960
82. Russe O: Operationstechnik bei der Scaphoidpseudarthrose. Aktuel Probl Chir Orthop 6: 73-76, 1977
83. Sarrafian SK, Melamed JL, Goshgarian GM: Study of wrist motion in flexion and extension. Clin Orthop 126: 153-159, Jul-Aug 1977
84. Schlosser D, Schweiberer L,: Navicularefraktur - Navicularepseudarthrose der Hand. Bruns Beitr klin Chir 217: 306-314, 1969
85. Schmidt-Ramsin E: Die Rhizarthrose. Die tägliche Praxis 54 (30): 1553-1554, 1978

86. Seyss R: On the roentgenologic observation of the wrist flexion. Z Orthop 116 (1): 135-138, 1978
87. Stark HH, et al.: Use of a Hand-Carved Silicone-Rubber Spacer for Advanced Kienböck's disease. J Bone Joint Surg 63-A: 1359-1370, 1981
88. Steinhäuser J: Langzeitergebnisse mit der transnaviculolunären Resektionsarthroplastik (Steinhäuser-Operation) bei fortgeschrittener Mondbeinnekrose.
89. Swanson AB: Arthroplasty in Traumatic Arthritis of the Joints of the Hand. Orthop Clin North Am 1: 285-298, 1970
90. Swanson AB: Die Wiederherstellung der Daumensattelgelenke unter Berücksichtigung der Resektionsarthroplastik mit flexiblen Implantaten. Orthopäde 9: 134-149, 1980
91. Swanson AB: Disabling Arthritis at the Base of the Thumb. J Bone Joint Surg 54-A: 456-471, 1972
92. Swanson AB: Finger Joint Replacement by Silicone Rubber Implants and the Concept of Implant Fixation by Encapsulation. Ann Rheum Dis 28 (Suppl.): 47-55, 1969
93. Swanson AB: Flexible Implant Arthroplasty in the Hand. Clin Plast Surg 3 (1): 141-157, 1976
94. Swanson AB: Flexible (Silicone) Implant Arthroplasty of the Metacarpophalangeal Joint of the Thumb. J Bone Joint Surg 59-A: 362-368, 1977
95. Swanson AB: Silicone Rubber Implants for Replacement of Arthritic or Destroyed Joints in the Hand. Surg Clin North Am 48: 1113-1127, 1968
96. Taleisnik J: Post-traumatic carpal instability. Clin Orthop 149: 73-81, June 1980

97. Thompson TC, Campbell RD, Arnold WD: Primary and secondary dislocation of the scaphoid bone. J Bone Joint Surg 46-B: 73-82, 1964
98. Thurn P, Bücheler E: Einführung in die Röntgendiagnostik. 7. Aufl., Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag 1982
99. Trojan E: Die Stabilität der Bruchformen des Kahnbeins - Eine Anatomische Studie. Mschr Unfallheilk 67: 291-295
100. Verdan C, Narakas A: Fractures and pseudarthrosis of the scaphoid. Surg Clin North Am 48: 1083-1095, 1968
101. Viernstein K, Weigert M: Die Radiusverkürzungsosteotomie bei der Lunatummalazie. Münch med Wschr 109: 1992-1994, 1968
102. Vogt S: Nachuntersuchungsergebnisse des Gelenkflächenersatzes mit Silikon in der Handchirurgie. Dissertation LMU München 1985
103. Volz RG: The Development of a Total Wrist Arthroplasty. Clin Orthop 116: 209-214, 1976
104. Volz, RG; et al.: Biomechanics of the wrist. Clin Orthop 149: 112-117, Jun 1980
105. Voorhoeve A: Ergebnisse bei der operativen Behandlung des Kahnbeinfalschgelenkes der Hand. Arch Orthop Unfallchir 68: 66-78, 1970
106. Weigert M: Erfahrungen beim Ersatz von Karpalknochen durch Silastic-implantate. Z Orthop 113: 482-483, 1975
107. Weigert M, Gronert HJ: Silicon-Kautschuk in der Handchirurgie. Arch Orthop Unfallchir 73: 189-200, 1972
108. Weller S: Anatomisch-funktionelle Grundlagen der Behandlung der Handwurzelknochen. Hefte Unfallheilk 75: 134-137, 1963
109. Wettmann U: Zur Behandlung der Navicularepseudarthrose. Z Orthop 116: 267-269, 1978
110. Wilhelm A: Gelenkdenervierung und ihre anatomische Grundlage. II. Navi-

culare-Fraktur und -Pseudarthrose und ihre Behandlung. Hefte Unfallheilkd 86: 51-59, 1966

111. Wilhelm K, Feldmeier Ch: Ein neues Verfahren zur Behandlung von Kahnbeinpseudarthrosen. Hefte Unfallheilkd 126: 378-381, 1975
112. Wilhelm K, Feldmeier Ch: Sehneninterpositionsplastik bei teilnekrotischen Naviculare-Pseudarthrosen. Arch Orthop Unfallchir 83: 63-65, 1975
113. Wilhelm K, Feldmeier Ch, Hauer G: Die Behandlung von Naviculare-Frakturen und Naviculare-Pseudarthrosen mit elektrischen und magnetischen Potentialen. Münch med Wschr 50: 2191-2194, 1974
114. Wilhelm K, Hauer G: Indikationen zur AO-Behandlung von Handskelettfrakturen. Münch med Wschr 115: 371-377, 1973
115. Willert HG, Buchhorn G, Semlitsch M: Die Reaktion des Gewebes auf Verschleißprodukte von Gelenk-Endoprothesen der oberen Extremitäten. Orthopade 9: 94-107, 1980
116. Wolff R, et al.: Normal and pathological mechanics of the base of the hand and metacarpus. Aktuel Probl Chir Orthop 20: 33-38, 1981
117. Worsing RA, et al.: Reactive Synovitis from Particulate Silastic. J Bone Joint Surg 64-A (4): 581-585, 1982
118. Youm Y, et al.: Kinematics of the wrist: I. An experimental study of radial-ulnar deviation and flexion-extension. J Bone Joint Surg (Am): 60 (4): 423-431, Jun 1978
119. Youm Y, Flatt AE: Kinematics of the wrist. Clin Orthop 149: 21-32, Jun 1980

Lebenslauf

Name : Manfred Dorfmeister
Geburtsdatum : 31.08.1960
Geburtsort : Bad Tölz / Oberbayern

Vater : Franz Dorfmeister / Beamter
Mutter : Sieglinde Dorfmeister / geb. Vogt / Hausfrau

Schulische Bildung :

1966 - 1970 Volksschule Bad Tölz
1970 Übertritt auf das math.-naturwissenschaftliche
und neusprachliche Gymnasium Bad Tölz
1979 ; Abitur
1979 - 1985 Medizinstudium an der Ludwig-Maximilians-
Universität München

Sommer 1981 Ärztliche Vorprüfung
Sommer 1982 I. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
Sommer 1984 II. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
Herbst 1985 III. Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

13.11.1985 Approbation
28.01.1986 Promotion

Bad Tölz, den 28.01.1986

